

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة 8 ماي 1945 قالمة  
Université 8 Mai 1945 Guelma  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'Univers



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Sciences Biologiques

**Spécialité:** Microbiologie Appliquée

**Département:** Écologie et Génie de l'Environnement

---

### THÈME :

## Contribution à l'étude phytoplanctonique et bactériologique d'eau de la mare de MADJEN BELAHRITI - GUELMA -

---

**Présenté par :**

- HIMEUR Imane
- KARAMAN Imane
- OUMEDDOUR Ikram

**Devant le jury composé de :**

<b>Président:</b>	Mr. HOUHAMDI Moussa	Pr.	Université de Guelma
<b>Examineur :</b>	Mr. REMDANI Kamel	MCB	Université de Guelma
<b>Encadreur :</b>	Mr. ROUABHIA Kamel	MAA	Université de Guelma

**Année universitaire: 2020/2021**

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce modeste travail, nous tenant à remercier avant tout, Dieu étant puissant de nous avoir donné la volonté, la puissance et le courage pour réaliser ce travail.

La réalisation de cette étude ainsi que son évaluation ont été rendues possible grâce à l'appui de beaucoup de personnes auxquelles nous témoignent ici nos profondes gratitude.

Nos remerciements les plus profonds s'adressent à **Mr. ROUABHIA Kamel** notre directeur de mémoire d'avoir dirigé ce travail, pour son écoute, ses connaissances et ses conseils tout au long de la réalisation de cette recherche.

Nous remercions vivement les membres du jury,

**Pr. HOUHAMDI Moussa** d'avoir accepté de présider le jury et également **Dr. REMDANI Kamel** pour l'honneur qu'ils nous ont rendu en examinant notre travail.

Nos vifs remerciements à l'ensemble des enseignants de la faculté de science de la nature et de la vie de l'université 8 Mai 1945 - Guelma.

Ainsi à toute l'équipe de techniciens de laboratoires pour son aide durant la réalisation de ce travail.

## ***Dédicace***

*El hamdoulillah pour m'avoir donné la force et la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie particulièrement à :*

- ♥ *A mes très chers parents « **Abdelhamid et Hakima** » pour votre sacrifices pour mon bonheur, votre encouragements, votre prières tout au long de ma vie, votre amour et votre soutien vers le chemin de la réussite et que dieu vous garde pour moi en bonne santé «je vous aime »*
- ♥ *A mon cher frère et mes chères sœurs «Zaki, Fatima, Zeyneb et Roqiya », pour votre intérêt et votre encouragement.*
  - ♥ *A mes petits «Tala, Bilel, Saad, Batoul, Sanad et Oumaima ».*
  - ♥ *A khayro merci pour ton soutien, ton intérêt et tes encouragements.*
  - ♥ *A mes chères amies «Nina, Wissem, Bouchra, Nada et Loubna ».à mon trinôme «Rania et Ikram », pour les bons moments passés et l'amitié qui nous réunit.*
    - ♥ *A toute l'équipe 'Amina, Karima, Marwa et Besma'.*
- ♥ *A mes cousines «Ratiba, Insaf et Djoumana » et toute ma famille maternelle et paternelle.*
  - ♥ *A toutes personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.*
  - ♥ *A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.*

*Merci d'être toujours la pour moi.*

**“HIMEUR IMANE”**

## ***Dédicace***

*Avec joie, fierté et respect je dédie ce modeste travail*

*Aux premières personnes dans le monde, les plus chères et les plus aimées, mes parents:*

♥ *À ma mère qui m'a tenu la main depuis mes premiers pas et qui continue toujours de me conseiller et de m'orienter. Merci maman je t'aime énormément.*

♥ *À mon père pour sa tendresse depuis ma naissance, et durant mes études, qui est le meilleur exemple pour moi dans la vie.*

♥ *A mes grands-parents que dieu leur donne une longue vie.*

♥ *A mes chers frères et sœurs : « Rima, Romaiassa, Hamza, Saleh et Riad ».*

*Que dieux les protège et leur offre la chance et le bonheur.*

♥ *A mes petites princesses : « Melina, Maram et Maria ».*

♥ *A ma belle-mère que dieu l'accueille et la garde dans son vaste paradis Insha'Allah elle restera gravée dans nos cœurs.*

♥ *A mon fiancé « Reda » pour l'encouragement et le soutien qui m'a toujours accordée.*

♥ *A petite belle-sœur « Rania » que j'aime*

♥ *A mes amies : « Lina, Manel, Narimane »*

♥ *A mon trinôme « Ikram et Imane » pour leur soutien et leur patience tout au long les années d'étude.*

***Karamen Imane***

## ***Dédicace***

*Je dédie ce Modeste travail à :*

- ♥ *Mes chers parents, merci d'avoir toujours été là pour moi, merci pour leur soutien, leur encouragement, Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.*
- ♥ *Mon cher frère, qui est toujours à côté de moi, merci pour votre aide et votre encouragement.*
- ♥ *Mon cher mari, qui étaient toujours là pour me soutenir, merci pour votre patience et votre aide.*
- ♥ *Ma chère fille, qui n'est pas encore venu.*
- ♥ *Mes chères amies « Rania et Imane », merci mes chéries pour votre aide et votre compréhension.*

*Et a toute ma famille et mes autres amies.*

***Oumeddour Ikram***

## Table des matières

**Remerciement**

**Dédicaces**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**Introduction .....1**

### Synthèse bibliographique

I.	Généralités sur l'eau .....	3
1.	Définitions .....	3
2.	Le cycle de l'eau .....	3
3.	Les sources de l'eau .....	4
3.1.	Les eaux de surfaces .....	4
3.1.1.	Eaux de rivières (partie amont) .....	5
3.1.2.	Eaux de rivière (partie aval) .....	5
3.1.3.	Eaux de lac .....	5
3.2.	Eaux souterraines .....	6
3.3.	Eau de mer .....	6
3.4.	Eau de pluie .....	6
4.	Propriétés de l'eau .....	7
4.1.	Propriétés physico-chimiques .....	7
4.1.1.	La température (T°) .....	7
4.1.2.	Le potentiel d'hydrogène (pH) .....	7
4.1.3.	La salinité .....	8
4.1.4.	La conductivité électrique .....	8
4.1.5.	Le total des solides dissous (TDS) .....	8
4.1.6.	Oxygène dissous (OD) .....	9

4.2. Propriétés bactériologiques .....	9
4.3. Propriétés organoleptiques .....	9
5. La pollution des cours d'eau .....	10
6. Source de la pollution des cours d'eau .....	10
7. Les indicateurs biologiques de qualité des eaux .....	11
8. L'autoépuration de l'eau .....	11
II. Généralités sur les phytoplanctons .....	13
1. Définitions .....	13
2. Reproduction .....	13
2.1. Reproduction asexuée .....	13
2.2. Reproduction sexuée .....	14
3. Niche écologique et cycle de vie .....	14
3.1. Habitat du phytoplancton .....	14
3.2. Cycle de vie du phytoplancton .....	15
4. Facteurs de croissance du phytoplancton .....	15
5. La source de développement du phytoplancton .....	16
5.1. La lumière .....	16
5.2. Les sels minéraux .....	16
5.3. Le gaz carbonique .....	17
6. Ecophysiologie du phytoplancton .....	17
7. Le rôle du phytoplancton .....	17
7.1. La photosynthèse .....	17
7.2. La chaîne trophique .....	18
7.3. Le phytoplancton comme indicateur de pollution .....	19
7.4. Autres rôles .....	20
8. Classification du phytoplancton .....	20
8.1. Les cyanobactéries .....	22
8.2. Les chlorophycées .....	23
8.3. Les xanthophycées .....	23
8.4. Les chrysophycées .....	24
8.5. Les bacillariophycées (diatomées) .....	24

8.6. Les dinoflagellés .....	25
8.7. Les euglènes .....	26
8.8. Les coccolithes .....	26
III. Généralité sur les bactéries .....	28
1. Les analyses bactériologiques des eaux .....	28
1.1. Objectifs .....	28
1.2. Procédures des analyses .....	28
2. La pollution fécale .....	29
3. Les bactéries indicatrices spécifiques de la pollution fécale .....	30
3.1. Coliformes totaux .....	30
3.2. Coliformes fécaux .....	30
3.3. E. coli .....	31
3.4. Streptocoques fécaux .....	31
3.5. Clostridium sulfito-réducteurs .....	32
3.6. Les germes revivifiables : bactéries indicatrices .....	33
4. Origine de la pollution fécale .....	33
5. Bactéries pathogènes .....	33

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

I. Description de la zone d'étude .....	35
1. Description de la région d'étude .....	35
2. Description du site d'étude .....	35
2.1. Faune de la mare .....	36
2.2. Flore de la mare .....	37
II. Méthodes de travail .....	38
1. Choix de station .....	38
2. Prélèvement de l'eau pour l'analyse bactériologique .....	38
3. Prélèvement de l'eau pour l'analyse phytoplanktonique .....	39
4. Analyse bactériologique .....	39
4.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables (germes totaux) .....	40
4.1.1. Mode opératoire .....	40
4.1.2. Lecture .....	41



4.2. Recherche et Dénombrement des coliformes totaux et fécaux .....	43
4.2.1. Tests présomptifs (Recherche des coliformes totaux) .....	43
4.2.2. Tests confirmatifs (recherche des coliformes fécaux) .....	43
4.3. Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réductrices .....	45
4.3.1. Mode opératoire .....	45
4.3.2. Lecture .....	45
4.4. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide .....	46
4.4.1. Test présomptif .....	46
4.4.2. Test confirmatif .....	47
5. Analyse phytoplanctonique .....	49

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

1. Résultats des analyses physico-chimiques .....	50
1.1. La température .....	50
1.2. Le potentiel d'hydrogène .....	51
1.3. L'oxygène dissous .....	52
1.4. La salinité .....	52
1.5. La conductivité électrique .....	53
1.6. Le taux des sels dissous (TDS) .....	54
2. Résultats d'analyse bactériologique .....	55
2.1. Résultats de recherche et dénombrement des germes totaux .....	55
2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes fécaux	56
2.3. Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito –réductrices	57
2.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux .....	58
2.5. L'origine de la pollution fécale .....	59
3. Résultats d'analyse phytoplanctonique .....	60
3.1. Inventaire qualitative et taxonomique des espèces phytoplanctoniques .....	60
3.2. Richesse spécifique totale de la population phytoplanctonique .....	78
3.3. Richesse spécifique des classes phytoplanctoniques .....	78

## **Conclusion**

## **Références bibliographiques**

**Annexes**

**Résumés**

### Liste des figures:

<b>N° de figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01</b>	Les changements d'état de l'eau	<b>03</b>
<b>Figure 02</b>	Le cycle global de l'eau	<b>04</b>
<b>Figure 03</b>	La chaine alimentaire marine	<b>19</b>
<b>Figure 04</b>	Schéma d'une cyanobactérie en coupe	<b>23</b>
<b>Figure 05</b>	Photo d'une espèce des chrysophycées	<b>24</b>
<b>Figure 06</b>	photo d'une espèce des diatomées	<b>25</b>
<b>Figure 07</b>	Photo de la mare de Madjen BELAHRITI	<b>35</b>
<b>Figure 08</b>	Situation géographique de la mare de Madjen BELAHRITI et localisation le point de prélèvement	<b>36</b>
<b>Figure 09</b>	La végétation de la zone d'étude (Madjen Belahriti)	<b>37</b>
<b>Figure 10</b>	Photo de multi-paramètre utilisé	<b>38</b>
<b>Figure 11</b>	La fixation de l'échantillon par le Lugol	<b>39</b>
<b>Figure 12</b>	Protocole de la recherche des germes totaux	<b>42</b>
<b>Figure 13</b>	Protocole de la recherche des coliformes totaux et coliformes fécaux	<b>44</b>
<b>Figure 14</b>	Protocole de la recherche des spores des anaérobies sulfito- réductrices	<b>46</b>
<b>Figure 15</b>	Protocole de la recherche des Streptocoques fécaux	<b>48</b>
<b>Figure 16</b>	Photos du matériel utilisé dans l'étude phytoplanctonique	<b>49</b>
<b>Figure 17</b>	Variations de température de l'eau de Madjen BELAHRITI.	<b>51</b>
<b>Figure 18</b>	Variations du pH de l'eau de Madjen BELAHRITI.	<b>51</b>
<b>Figure 19</b>	Variations des teneurs en oxygène dissous dans l'eau de Madjen BELAHRITI.	<b>52</b>
<b>Figure 20</b>	Variations de la salinité de l'eau de Madjen BELAHRITI.	<b>53</b>

<b>Figure 21</b>	Variations de la conductivité électrique de l'eau de Madjen BELAHRITI.	<b>54</b>
<b>Figure 22</b>	Variations du TDS dans l'eau de Madjen BELAHRITI.	<b>54</b>
<b>Figure 23</b>	Variations du nombre des germes totaux à 22 et à 37 °C dans l'eau de Madjen BELAHRITI	<b>56</b>
<b>Figure 24</b>	Variations du nombre des coliformes dans l'eau de Madjen BELAHRITI.	<b>56</b>
<b>Figure 25</b>	Photo montre le résultat du test de BCPL après incubation.	<b>57</b>
<b>Figure 26</b>	Photo représente les résultats de milieu VF après incubation.	<b>58</b>
<b>Figure 27</b>	Variations du nombre des Streptocoques fécaux dans l'eau de Madjen BELAHRITI.	<b>58</b>
<b>Figure 28</b>	Photo représente les résultats du test confirmatif d'Eva Litsky.	<b>59</b>
<b>Figure 29</b>	Evolution de la richesse spécifique totale de phytoplancton du Madjen BELAHRITI.	<b>79</b>
<b>Figure 30</b>	Contribution des classes dans les espèces phytoplanctoniques de Madjen BELAHRITI.	<b>80</b>
<b>Figure 31</b>	Contribution des classes dans les genres phytoplanctoniques de Madjen BELAHRITI.	<b>80</b>

**Liste des tableaux:**

<b>N° de tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 01</b>	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température	<b>07</b>
<b>Tableau 02</b>	Classification des eaux selon leur pH	<b>08</b>
<b>Tableau 03</b>	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique	<b>08</b>
<b>Tableau 04</b>	Qualité des eaux en fonction de l'oxygène dissous	<b>09</b>
<b>Tableau 05</b>	Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique	<b>11</b>
<b>Tableau 06</b>	La classification du phytoplancton selon Bourelly	<b>21</b>
<b>Tableau 07</b>	Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF	<b>33</b>
<b>Tableau 08</b>	Les bactéries pathogènes des eaux	<b>34</b>
<b>Tableau 09</b>	La faune de site d'étude	<b>36</b>
<b>Tableau 10</b>	Techniques utilisées pour la recherche des bactéries	<b>40</b>
<b>Tableau 11</b>	Variations des paramètres physico-chimiques pendant la période d'étude.	<b>50</b>
<b>Tableau 12</b>	Résultats de la recherche et dénombrement des spores des Anaérobies sulfito -réductrices.	<b>57</b>
<b>Tableau 13</b>	Le rapport (CF/SF) dans l'eau de Madjen BELAHRITI.	<b>59</b>
<b>Tableau 14</b>	Inventaire qualitative et taxonomique des espèces phytoplanctoniques (La case en vert = espèces présentes, la case en blanc = espèces absentes).	<b>60</b>
<b>Tableau 15</b>	Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques répertoriées dans les eaux du Madjen BELAHRITI.	<b>64</b>

## Liste des abréviations

**ASR** : Anaérobies sulfitoréducteurs

**BCPL**: Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol

**CE** : Conductivité électrique

**CF** : Coliforme fécaux

**CT** : Coliforme totaux

**D /C** : Double concentration

**DCE** : Directive cadre de l'eau

**E. coli**: Escherichia Coli

**GPS** : Système de géolocalisation mondial

**GT** : Germes totaux

**ISO** : Organisation internationale de la santé

**M.E.S** : Matière en suspension

**NPP** : Nombre le plus probable

**OD** : Oxygène dissous

**pH** : Potentielle Hydrogène

**S /C** : Simple Concentration

**SF** : Streptocoque Fécaux

**SM** : Solution mère.

**TDS** : Total des solides dissous

**TGEA** : Tryptone-Glucose-Extrait de levure-Agar

**UFC** : Unité Formatrice de colonies.

**VF** : Viande foie

**μS** : Microsiemens

# *Introduction*

## **Introduction**

La planète bleue, troisième planète du système solaire est recouverte à 71 % par une molécule de vie : l'eau. L'eau est un élément essentiel pour la vie, elle doit être propre et facilement accessible à tout moment et dans chaque endroit (**Ken, 2008**).

Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre. Environ de 98% des ces eaux sont marines et seulement 2% constituent les eaux continentales représentées par les rivières, les lacs, les étangs (**Groga, 2012 ; Bahmed, 2004**).

L'Algérie est riche en zones humides environ de 254 zones humides d'importance internationale qui jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant poissons et oiseaux migrateurs. Pourtant, de nombreuses menaces pèsent sur elles. Tout comme les forêts tropicales, les zones humides sont détruites à un rythme sans précédent (**Djebnoui et Nouar, 2015 ; Samraoui et Belair, 1997**).

Un type particulier des zones humides est constitué par mares qui sont des étendues d'eau dormante, de faible superficie et de faible profondeur pouvant atteindre 2 mètres. Malgré tout l'intérêt qu'elles présentent, les mares sont très mal connues tant sur le plan faunistique que floristique. Leur disparition est objectivement et subjectivement programmée notamment dans les espaces ruraux en raison de mutation dans les pratiques agricoles (**Boucenna et al., 2009**). Cette ressource naturelle qui se renouvelle sans cesse dégrade sous très hautes pression de pollution agricole, urbaine et industrielle, par suite de la croissance démographique, de l'urbanisation et de développement industriel (**Raymond, 1997**).

Généralement, tous les ressources d'eaux soit des lacs, des rivières, des fleuves, aussi bien des nappes phréatiques un peu profondes, contient 3 types des germes ; typiquement aquatiques (Algues microscopiques et bactéries), tellurique (due par ruissèlement) et des germes de contamination humaine ou animale (contamination fécale) ; que ce soit le type du germe il peut engendrer des maladies infectieuses chez l'homme (**Debabza, 2005**).

Le phytoplancton (micro-algue) constitue la base des chaînes alimentaires des écosystèmes aquatiques. Les micro-organismes constituant le phytoplancton sont dotés de performances et de plasticité leur permettant de coloniser tout type de milieu tel que : les eaux



douces, les océans, les sebkhas et les salines (**Dufour et Durand, 1982 ; Koffi et al., 2009**). En effet, Le phytoplancton fait partie des excellent indicateurs retenus par les protocoles d'évaluation de la qualité des eaux douces, notamment dans l'état écologique des plans d'eau naturels et artificiels. En effet, son abondance et sa composition varient selon la stabilité de ces milieux qui est en fonction des apports extérieurs en eau, des pollutions diffuses et des aménagements hydrauliques effectués (**Baillot, 2013**).

Dans ce contexte, notre objectif est l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau et l'identification des peuplements phytoplanctoniques existants de cette zone. A notre connaissance, aucune étude (bactériologique, phytoplanctonique) n'a encore été menée sur cette mare Madjen BELAHRITI.

Pour ce faire, trois grandes parties sont développées et structurées de la manière suivante :

- ✚ Le premier chapitre, une synthèse bibliographique présente des généralités sur l'eau, le cycle de l'eau, les types, les paramètres physicochimiques ainsi que la pollution. Le phytoplancton (la reproduction, le cycle de vie, la classification et le rôle). Et les bactéries (l'analyse bactériologique, la pollution fécale et les bactéries indicatrices de cette pollution et leur origine);
- ✚ Le deuxième chapitre, qui commence par la description du site d'étude et contient une étude expérimentale présente le matériel utilisé, les méthodes et les protocoles des analyses de ce travail (échantillonnage, l'analyse des échantillons sur terrain et au laboratoire);
- ✚ Le troisième chapitre, 'résultats et discussion' sera consacré aux résultats obtenus ainsi que leur discussion mentionnées sous forme de tableaux et de graphes.
- ✚ Pour clôturer ce travail sera finalisé par une conclusion.



*Chapitre I :*  
**Synthèse bibliographique**

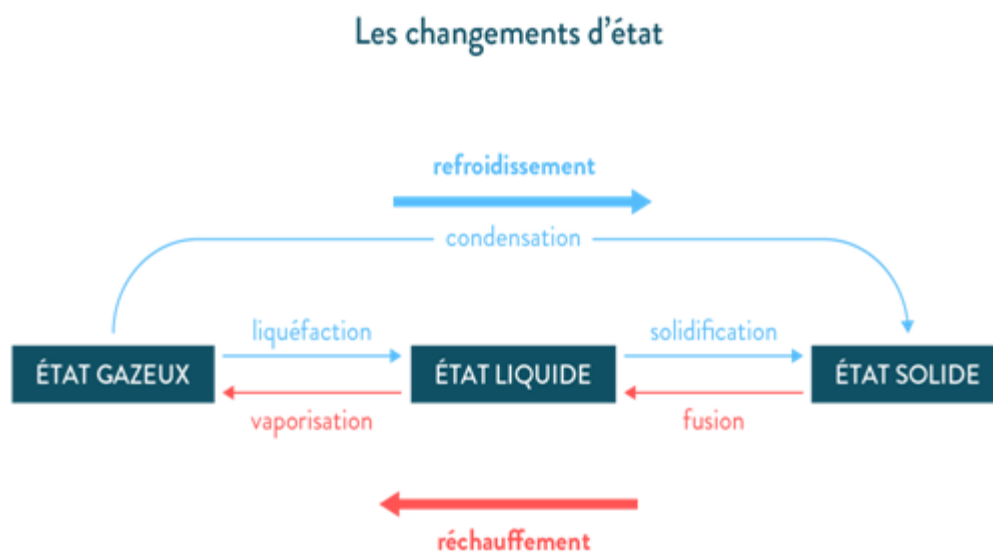
## Chapitre I : Synthèse bibliographique

### I. Généralités sur l'eau

#### 1. Définition

L'eau est partout présente dans la nature. C'est un liquide incolore, inodore, sans saveur, de pH neutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. L'eau est un composé simple dont l'état (liquide, solide, gazeux) dépend des conditions de température et pression. Elle est liquide dans les conditions ambiantes (20°C et 1 bar). A pression ambiante (1 bar), elle devient gazeuse à 100°C et solide à 0° C. Sa composition chimique (H<sub>2</sub>O), déterminée en 1783 par **Lavoisier** et **Meusnier**, résulte de la combinaison d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (**Adjelene, 2018**).

L'eau, sous sa forme liquide (fig. 01), est essentielle aux organismes vivants à la fois pour ses caractéristiques mécaniques et ses propriétés chimiques.



**Figure 01:** Les changements d'état de l'eau (1).

#### 2. Le cycle de l'eau

Dans la nature, l'eau suit un cycle qui se résume en cinq étapes : « l'évaporation, la condensation, les précipitations, le ruissellement et l'infiltration » (fig. 02). Sous l'effet du rayonnement solaire mais aussi en fonction de la température, de l'humidité et de la vitesse du vent, toutes les eaux soit libre ou sous une forme solide existante sur les surfaces terrestres, ou même la quantité d'eau exhalées par la végétation lors du processus de transpiration entre dans l'atmosphère avec évaporation. L'air va alors se charger en eau sous

la forme de vapeur qui s'élève dans l'atmosphère et par refroidissement se condense en gouttelettes et forme des nuages. L'eau retombe ensuite lors des précipitations solides ou liquides sur la terre. Une fraction de cette eau ruisselle sur le sol et va rejoindre des cours d'eau puis une surface d'eaux telles les lacs, les mers ou les océans avant de participer à nouveau au processus d'évaporation. Une autre fraction va s'infiltrer dans le sol pour alimenter les nappes souterraines (Allaoua, 2020).

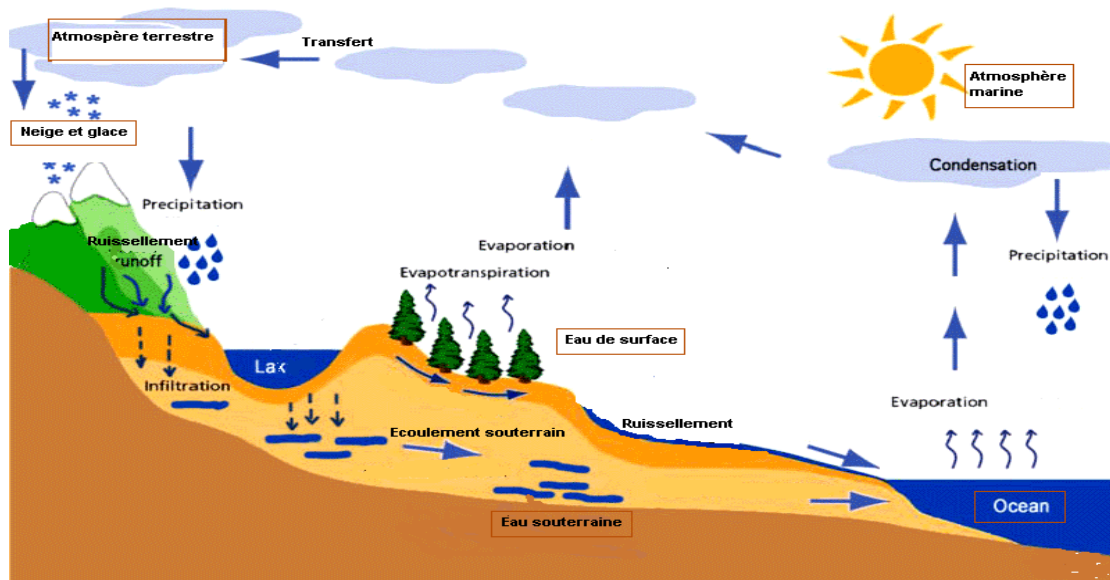


Figure 02 : Le cycle global de l'eau (2).

Le cycle de l'eau désigne le processus par lequel l'eau voyage successivement de l'air (condensation) à la terre (précipitation) avant de retourner dans l'atmosphère (évaporation). On parle également du cycle hydrologique. L'Homme, par l'utilisation qu'il fait de l'eau, peut transformer ce cycle, à travers l'irrigation ou la construction de barrages par exemple (Jacques, 2009). Il est mu par l'énergie solaire et régulé par l'énorme réservoir océanique (Erhard, 1979). Et la quantité d'eau totale de l'hydrosphère n'évolue pas au cours des années. Elle reste toujours constante (Adjelene et Bourebaa, 2018).

### 3. Les sources de l'eau

L'eau de la planète est présente naturellement sous diverses formes dans l'atmosphère, sur et sous la surface de la Terre, et dans les océans (Jacques, 2009).

#### 3.1. Les eaux de surface

Elles sont constituées par les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, les barrages réservoirs, glaciers (Adjelene et Bourebaa, 2018). Les eaux continentales de surface, des lacs et des cours d'eau sont alimentées par des eaux de pluie, de ruissellement

et par les eaux souterraines resurgissant. Trop souvent, elles reçoivent des eaux usées ou fortement polluées (**Benkhettal et Cherfi, 2017**). On peut les répartir en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eau de rivières (partie aval), et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée.

### 3.1.1. Eaux de rivière (partie amont)

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont :

- turbidité élevée.
- contamination bactérienne faible.
- température froide.
- indice de couleur faible.

### 3.1.2. Eaux de rivière (partie aval)

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont (**Raymond, 1997**). Les principales caractéristiques de ces eaux sont :

- Contamination bactérienne élevée.
- Contamination organique et inorganique élevée.
- Indice de couleur pouvant être élevé.

### 3.1.3. Eaux de lac

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue (**Raymond, 1997**). Selon **Ramade (2008)** le lac est un écosystème aquatique qui occupe le fond d'une dépression ou d'un bassin géologique sans communication directe avec la mer. Le renouvellement de ses eaux est lent et son temps moyen de séjour ayant tendance à augmenter avec leur volume (**Sayad et Ait Meziane, 2012**). Les caractéristiques de ces eaux sont :

- Turbidité faible.
- Contamination bactérienne peu importante.

- La différence de température entre les eaux de surface et les eaux profondes peut provoquer un renversement des eaux de lac et en augmenter ainsi brusquement la turbidité.

Ces caractéristiques varient très lentement au cours de l'année. On peut expliquer le renversement d'un lac de la façon suivante :

- **En été**, à la surface d'un lac, la couche d'eau exposée au rayonnement solaire et à l'atmosphère se réchauffe rapidement. Par contre, au fond d'un lac profond, l'eau se réchauffe beaucoup plus lentement.
- **A l'automne**, les eaux de surface, qui se refroidissent plus rapidement que les eaux profondes, deviennent plus denses. En effet lorsque de la température diminue, la densité de l'eau augmente pour atteindre un maximum à 4°C. Les eaux de surfaces plus denses deviennent alors instables et ont tendance à « couler » ce qui provoque un brassage spontané.
- **Au printemps**, après la fonte des glaces, un phénomène similaire se produit. Les eaux de surfaces se réchauffent rapidement et atteignent la température de 4°C. Alors que les eaux profondes demeurent plus froides (**Raymond, 1997**).

### 3.2. Eaux souterraines

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (**Zouag et Belhadj, 2017**).

### 3.3. Eau de mer

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0,5 et 2 mg) et naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline. Son pH étant compris entre 7,5 et 8,4 (**Zouag et Belhadj, 2017**).

### 3.4. Eau de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels

de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau (**Raymond, 1997**).

#### 4. Propriétés de l'eau

La valeur de chaque paramètre physico-chimique du lac influencera la présence et l'abondance des organismes aquatiques ainsi que la santé générale de l'écosystème. Les substances chimiques peuvent provenir de source naturelle ou anthropique selon la nature géologique du milieu, la provenance des eaux de surface et les activités humaines pouvant s'y dérouler (**Clément et Ouimet, 2004**).

##### 4.1. Propriétés physico-chimiques

###### 4.1.1. La température (T°)

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes (**Makhouk et al., 2011**).

**Tableau 01** : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (**Monod, 1989**).

Température	Qualité
< 20 °C	Normale
20 °C – 22 °C	Bonne
22 °C – 25 °C	Moyenne
25 °C – 30 °C	Médiocre
> 30 °C	Mauvaise

###### 4.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est par définition, une mesure de l'activité des ions H<sup>+</sup> contenus dans une eau. C'est une caractéristique qui témoigne à la fois de l'acidité et de la basicité d'une solution, la composition chimique et l'état d'équilibre dans lequel se trouvent les composantes de cette solution (**Mihoubi, 2008**).

**Tableau 02** : Classification des eaux selon leur pH (Harridi et al., 2020).

pH	Nature de l'eau
pH < 5	Acidité forte : présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée : majorité des eaux de surface
pH > 8	Alcalinité forte, évaporation intense

#### 4.1.3. La salinité

La présence des sels dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autre (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique) (Merzoug, 2009).

#### 4.1.4. La conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente (Chaibi et Khedoussi, 2012).

**Tableau 03** : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Monod, 1989).

Conductivité électrique (µs/cm)	Qualité des eaux	Classe des eaux
CE < 400	Bonne	1A
400 < CE < 750	Bonne	1B
750 < CE < 1500	Passable	2
1500 < CE < 3000	Médiocre	3

#### 4.1.5. Le total des solides dissous (TDS)

C'est la mesure des matières solides totales dissoutes dans l'eau, formées par les particules, les ions et les sels. Une concentration très élevée ou très basse en TDS limite la croissance et peut causer la mort de plusieurs organismes aquatiques (Diab, 2016).



#### 4.1.6. Oxygène dissous (OD)

C'est une grandeur importante de l'écologie des milieux étudiés. Elle est essentielle pour la respiration des organismes vivants hétérotrophes. La concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans l'eau est exprimée en mg/L. Le dioxygène dissous provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques (**Benkaddour, 2018**).

L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (maximum 9 mg/L à 20°C). Il dépend de nombreux facteurs comme la température de l'eau, le taux des éléments dissous dans le milieu, ainsi que la pression partielle en oxygène dans l'atmosphère. De plus, la présence des quantités importantes de matières organiques dans les eaux souvent d'origine anthropique, peut provoquer un déficit d'oxygène dissous dans le milieu aquatique. Cela est lié à la consommation de l'oxygène du milieu par les microorganismes qui dégradent des matières organiques (**Benkaddour, 2018**).

**Tableau 04 :** Qualité des eaux en fonction de l'oxygène dissous (**Anonyme, 2001**).

L'oxygène dissous	Qualité d'eau
>7mg/l	Normale
Entre 5 et 7mg/l	Bonne
3 à 5mg/l	Moyenne
< 3mg/l	Médiocre

#### 4.2. Propriétés bactériologiques

L'eau contient naturellement des microorganismes issus de l'activité biologique naturelle, dont certains sont pathogènes pour l'homme (**Romuald, 2013**).

L'objectif d'une analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui sont indicatrices de contamination fécale (**Semoud, 2020**). Les paramètres microbiologiques sont déterminés par la recherche des coliformes totaux, coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et les spores de microorganismes anaérobies sulfito-réducteurs (**Heriarivony et al., 2015**).

#### 4.3. Propriétés organoleptiques

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais, par leur dégradation, ils peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. Ils permettent au consommateur de porter un jugement succinct sur la qualité de l'eau (Kouidri, 2006).

### 5. La pollution des cours d'eau

Au cours de son cycle, l'eau peut donc se charger en éléments indésirables (polluants chimiques, organismes ...), qui contribuent à la dégradation des réserves d'eaux à travers les continents (Chouteau, 2004).

Le cours d'eau, dans son ensemble, est un système très complexe qui est le siège d'un grand nombre de réactions chimiques, physiques et biologiques. Ce système est, de manière générale en étroite relation avec l'ensemble des autres systèmes ou compartiments constituant le milieu naturel et que l'on peut décomposer en trois grandes parties : l'atmosphère, l'eau et le sol (incluant les sédiments). A cause du cycle de l'eau, les écosystèmes aquatiques sont susceptibles d'être contaminés par des pollutions accidentelles ou chroniques (Chouteau, 2004).

### 6. Source de la pollution des cours d'eau

Le milieu aquatique est la cible de contamination par le rejet des effluents pollués (activités humaines, industrielles, urbaines ou agricoles), induisant différentes formes de pollution ; la pollution physique, chimique et biologique (Tab. 05). Le déversement dans le milieu aquatique de substances ou d'effluents contaminés n'est pas la seule cause de pollution des eaux de surfaces ou souterraines. En effet, l'eau de pluie permet aux polluants rejetés dans l'atmosphère de retomber sur les sols et lessive les zones polluées par ruissellement et/ou infiltration (Dirilegen, 2000 ; Chouteau, 2004).

**Tableau 05:** Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique (Chouteau, 2004).

Type de pollution	Nature	Origines
Physique	Rejetés d'eau chaude	Centrales thermiques, nucléaires
	M.E.S (matière en suspension)	Rejets urbaines, érosion des sols
Chimique	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles,

		Agroalimentaires
	Fertilisants (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessive
	Métaux (Cd, Pb, Hg, Al, As...)	Industrie, agriculture, déchets
	Pesticides (insecticides, herbicides, Fongicides)	Industrie, agriculture
	Organochlorés (PCB, solvants)	Industries
	Composés organiques de synthèse	Industries
	Détergents	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports
<b>Biologique</b>	Bactérie, virus, champignons...	Effluents urbains, agricoles

## 7. Les indicateurs biologiques de qualité des eaux

La qualité des eaux de surface comme les lacs, les marais et les cours d'eau peut être évaluée sur la base de facteurs physiques, chimiques, hydro morphologiques. Cependant, si cette approche permet de décrire certains aspects de l'état du cours d'eau, elle ne prend pas en compte les populations animales et végétales qui le peuplent. Cette première approche doit donc être complétée par des approches biologiques : Les bio-indicateurs. En 1986, **Blandin**, les définit comme « des organismes ou ensembles d'organismes qui par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques, permettent de façon pratique et sûre de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications naturelles ou provoquées» (**Zaimeche, 2015**).

D'une part cette définition est extensive dans le sens où elle regroupe différents niveaux d'organisation du vivant. Elle s'applique aussi bien au niveau cellulaire qu'au niveau de l'individu, ou encore des peuplements d'une communauté. D'autre part, elle est ambitieuse, car elle définit les bio indicateurs comme des outils pratiques, sûrs et permettant de mettre en évidence de manière précoce les modifications du milieu (**Zaimeche, 2015**).

## 8. L'autoépuration de l'eau

En théorie, toutes les réactions biologiques intervenant dans les eaux naturelles au cours des cycles du carbone, de l'azote, du phosphore, du soufre,...etc., peuvent être

transposées dans la pratique industrielle du traitement de l'eau. Le métabolisme de certains groupes bactériens peut être mis à profit pour éliminer des molécules ou ions indésirables dans l'eau, comme les composés azotés, le fer, le manganèse ou la matière organique. Les bactéries responsables de ces réactions biochimiques opèrent dans des limites de pH et de température qui leur sont spécifiques. Elles décomposent de façon biochimique par oxydation les matières non séparables par décantation, en même temps une nouvelle substance cellulaire se forme (**Miquel, 2003**).

Tous les traitements des eaux sont basés sur le principe de l'épuration biologique. Elle consiste à reproduire et à intensifier les processus existants dans la nature : lorsque, dans un milieu naturel, il y a de la matière organique, les bactéries se chargent de la dégrader et de la réduire en éléments simples tout en augmentant leur biomasse. Ce développement bactérien peut être naturel, ou intensifié, accéléré par des apports supplémentaires de microorganismes et/ou d'oxygène (**Miquel, 2003**).

## II. Généralités sur les phytoplanctons

### 1. Définitions

Le plancton végétal, ou phytoplancton, est l'ensemble des algues microscopiques formées d'une seule cellule (micro algue) ou de cellules réunies en chaînes. Il comprend des milliers d'espèces se répartissant en plusieurs groupes: diatomées, coccolithes, chrysophycées et chlorophycées et dinoflagellés (**Pierre et Anne, 2014**). Il englobe aussi bien des cellules sans noyaux - les bactéries photosynthétiques ou cyanobactéries (**Christian, 2013**).

Bien qu'elles soient unicellulaires (protistes), les microalgues présentent une grande diversité de tailles, de couleurs et de formes qui peuvent être très élaborées. Il se multiplie par division cellulaire grâce à la lumière, au CO<sub>2</sub>, aux sels nutritifs et d'oligoéléments variés et complexes, en particulier le phosphore et l'azote. Ces éléments proviennent de la décomposition des déchets organiques par les bactéries. Ces planctons végétaux produisent de grandes quantités d'oxygène nécessaire à la vie dans l'eau, mais aussi, par les échanges gazeux, participent à l'oxygénation de la planète (**Masmoudi, 2014**).

Le phytoplancton est le point de départ de toute l'activité biologique de l'eau, à la base de toutes les chaînes alimentaires des écosystèmes aquatiques (**Masmoudi, 2014**). Il est absorbé par les animaux de petites tailles (100 à 200 µm). C'est un aliment de choix pour de nombreuses espèces (comme les huîtres, les moules, etc..) à leur stade larvaire et durant toute leur vie d'adulte (**Maëlle et Pierre, 2009**). Il utilise l'énergie solaire pour fabriquer de la matière organique. Il détermine sa position en surface ou entre deux eaux, en fonction de la quantité de lumière qu'il peut capter, indispensable à sa photosynthèse (**Maëlle et Pierre, 2009**).

Parmi les propriétés bio-optiques du phytoplancton et ses applications, Une prolifération algale, accroissement soudain de l'abondance du phytoplancton, produit un changement spectaculaire de la couleur de l'eau, de tout temps observé par les hommes. De là à prévoir l'omniprésence des méthodes biotiques dans l'étude du phytoplancton, il y a un pas qui a été franchi (**Guy, 2006**).

### 2. Reproduction

#### 2.1. Reproduction asexuée

Elle peut être de 3 types (**Michel, 2000**):

- **fragmentation:** le thalle se sépare en deux parties qui redonneront chacune un nouveau thalle.
- **sporulation:** des spores peuvent être formées dans les cellules végétatives ordinaires ou dans des structures spécialisées appelées sporanges.
- **scission binaire:** division du noyau puis du cytoplasme.

## 2.2. Reproduction sexuée

Dans la reproduction sexuée, il y a fusion de gamètes mâle et femelle pour produire un zygote diploïde. Des œufs se forment dans les cellules réceptrices identiques aux cellules somatiques (*Spirogyra*) ou dans des cellules végétatives femelles peu modifiées nommées oogones (*Fucus*). Les spermatozoïdes sont produits dans des structures mâles spécialisées appelées anthéridies (Michel, 2000).

## 3. Niche écologique et cycle de vie

### 3.1. Habitat du phytoplancton

Le phytoplancton peut vivre partout où il y a de l'eau. On le trouve aussi bien dans les eaux douces, marines que saumâtres (mélange d'eau douce et d'eau salée comme les estuaires) (Pierre et Anne, 2014). Les êtres planctoniques ont colonisé tous les milieux : la mer, les fleuves et ruisseaux, les lacs et étangs, les marais, les eaux souterraines, les gouttières, les fossés, les tourbières... Le plancton est également présent dans des endroits plus surprenants tels que les embruns, les mares, les lavoirs et les fontaines, on en trouve même dans les suintements de roches (Pierre et Anne, 2014).

Il se développe mieux dans les eaux plutôt calmes et riches en sels nutritifs : rivières, estuaires, marais... Ainsi, la concentration de phytoplancton est jusqu'à dix fois plus forte dans les eaux continentales qu'en haute mer. Le phytoplancton localisée sur une mappemonde, la présence marine du phytoplancton apparait majoritairement aux abords du littoral des continents où des conditions de vie favorables (lumière, nutriments) sont réunies.

En effet, les lieux propices au développement de la grande diversité du plancton végétal sont (Pierre et Anne, 2014) :

- Les embouchures des fleuves et des rivières, estuaires qui réceptionnent les apports nutritifs véhiculés par les bassins versants.
- Les côtes de certaines zones de la planète enrichies par la circulation d'eaux porteuses de sels minéraux, grâce aux courants et upwellings (remontées d'eau).

### 3.2. Cycle de vie du phytoplancton

Pour vivre, le plancton végétal a besoin d'eau, la lumière, de sels minéraux (nitrate, phosphore, silicate, potassium...), d'oligoéléments (magnésium, fer...) et de CO<sub>2</sub>. Ainsi, son existence est étroitement liée aux conditions régnant dans son milieu : température et turbidité (degré d'opacité) de l'eau, précipitations, ensoleillement, pollution, ...etc. à l'échelle d'une année, il présente donc une grande variabilité saisonnière (**Pierre et Anne, 2014**).

En théorie, le phytoplancton se développe de préférence au printemps et à l'automne, lorsque les conditions sont optimales. Aujourd'hui, ce rythme annuel est de moins en moins respecté en raison de l'évolution du milieu (excès d'apports en nutriments, réchauffement climatique) et certaines espèces peuvent proliférer au long de l'année (**Pierre et Anne, 2014**).

### 4. Facteurs de croissance du phytoplancton

Malgré une taille réduite, le phytoplancton influence directement et indirectement sur le climat de la terre. Suite à leurs décompositions, il participe au processus de formation de la pompe biologique du carbone. La croissance de phytoplancton nécessite des sels minéraux (nitrate, phosphore, silicate, potassium), des oligo-éléments (magnésium, fer) et de carbone atmosphérique (CO<sub>2</sub>), ainsi que certaines conditions du milieu (**Khedairia, 2020**) :

- Température et niveau des précipitations
- Turbidité (degré d'opacité) de l'eau
- Taux d'ensoleillement
- Degré de la pollution.

Dans un cycle annuel, le phytoplancton a une grande variabilité saisonnière, leur développement est enregistré au printemps et à l'automne, lorsque les conditions sont optimales. Actuellement, ce rythme annuel est interrompu en raison de l'évolution du milieu récepteur par l'excès d'apports en nutriments et le réchauffement climatique. Le phytoplancton marin possède un avantage majeur par rapport à la végétation terrestre, les conditions de leurs milieux empêchent le développement des structures de soutiens rigides (tels les troncs et les branches des arbres). Leur biomasse totale ne représente donc que 1% de la biomasse végétale terrestre. En revanche, ils consomment l'équivalent en CO<sub>2</sub> durant

le phénomène de photosynthèse et contribue ainsi à régénérer l'oxygène (O<sub>2</sub>). La concentration de la chlorophylle 'a', principale pigment de la photosynthèse permet de déduire l'abondance de la communauté de phytoplancton au niveau des océans à partir des observations satellitaires. La photosynthèse étant très liée à **(Khedairia, 2020)**:

- L'intensité du rayonnement solaire arrivant à la surface de l'océan.
- La profondeur à laquelle se localise le phytoplancton.

De plus, les conséquences éco-physiologiques associées à la richesse spécifique des populations phytoplanctoniques sont nombreuses. Les différentes espèces ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu. Leurs taux de croissance est variable selon les stratégies adaptatives, telles que **(Khedairia, 2020)**:

- Mécanismes favorisent leur mobilité vers des zones riches en nutriments et en lumière (phototaxisme, migration verticale, agrégation).
- Mode de nutrition mixotrophe.
- Compétition interspécifique par production de substances.
- Mécanismes de défense contre la prédation.

## **5. La source du développement du phytoplancton**

Le phytoplancton vit là où les éléments de la photosynthèse sont réunis.

### **5.1. La lumière**

Dans l'océan, les rayons solaires ne pénètrent que jusqu'à une certaine profondeur. C'est pourquoi le phytoplancton est abondant surtout dans les eaux de surface où il reçoit suffisamment de lumière pour réaliser la photosynthèse. Cette zone est la couche euphotique, dont l'épaisseur varie de plusieurs mètres dans les estuaires jusqu'à environ 200 mètres en haute mer. Le plancton végétal est particulièrement foisonnant près des côtes où les hauteurs d'eau sont faibles et où la lumière se diffuse pleinement. C'est le cas des baies, des estuaires, des marais salants **(Himoud et Brahim, 2016)**.

### **5.2. Les sels minéraux**

Les sels minéraux sont présents partout où l'eau douce vient rejoindre la mer, mais pour qu'ils soient accessibles au phytoplancton, ils doivent, comme lui, rester en suspension dans les eaux de surface où se trouvent tous les éléments de la photosynthèse. Pour cela, ils dépendent des vents et des courants qui brassent de l'eau leur évitant de tomber ou de rester sur les fonds où ils s'ajoutent aux sédiments **(Himoud et Brahim, 2016)**.



### 5.3. Le gaz carbonique

Dissous dans l'eau, il entre dans le processus de la photosynthèse. Le CO<sub>2</sub> vient des échanges gazeux (CO<sub>2</sub> – O<sub>2</sub>) avec l'atmosphère et il est présent partout (**Himoud et Brahimi, 2016**).

## 6. Ecophysiologie du phytoplancton

Le phytoplancton est constitué d'organismes microscopiques (0.2 µm – 2 mm) exposés aux mouvements passifs occasionnés par le vent et le courant. Ils sont en suspension dans les couches superficielles des océans et des milieux dulçaquicoles (lacs, rivières), principalement dans la zone euphotique. Il ne représente qu'1% de la biomasse d'organismes photosynthétiques sur la planète mais assure 40% de la production primaire annuelle (**Abaidia, 2020**).

Le premier niveau de classification est basé sur les pigments photosynthétiques, les produits de réserve et leur localisation cytoplasmique, ainsi que leur niveau de complexité intracellulaire. Plus communément d'autres critères tels que la reproduction, la nature du squelette, la mobilité permettent de ranger les algues en plusieurs classe Grâce à leurs diversités et à leurs exigences écologiques très variées, le phytoplancton est susceptible de peupler les biotopes les plus divers (eaux marines, douces, thermales et même glaciales). La plupart des Cyanobactéries sont autotrophes et peuplent des milieux très variés « sources thermales, milieux aquatiques, terres humides », et même dans le sable des déserts les plus arides. D'autres sont saprophytes, parasites ou symbiotes d'organismes très divers (**Abaidia, 2020**).

Le phytoplancton est ubiquiste et possède une grande adaptabilité à son environnement écologique, de ce fait la relation entre la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes est une question écologique fondamentale. Pour comprendre la structure et le fonctionnement d'un écosystème, il est indispensable de connaître les différents éléments qui le composent, exemple : la distribution des organismes dans le temps et dans l'espace (**Abaidia, 2020**).

## 7. Le rôle du phytoplancton

Le phytoplancton possède d'importants rôles, dont les plus connus sont :

### 7.1. La photosynthèse

Le terme de photosynthèse recouvre évidemment deux phases. La première est la collecte de la lumière et sa transformation en énergie chimique. La seconde est le

métabolisme d'assimilation de CO<sub>2</sub> en molécules organiques et relève de la biochimie classique (**Pelmont, 2005**).

Par la photosynthèse, le phytoplancton produit une grande quantité d'oxygène nécessaire à la vie dans l'eau, mais aussi, grâce aux échanges gazeux à la surface des océans, il fournit les deux tiers de l'oxygène de l'air de notre planète (poumon de la planète), le dernier tiers provenant des végétaux des continents. Contrairement à une idée reçue, le premier producteur d'oxygène sur Terre n'est pas la forêt, mais le plancton végétal qui apporte à l'atmosphère plus d'oxygène que l'ensemble de toutes les forêts du monde réunies, forêt amazonienne comprise (**Pierre et Anne, 2014**).

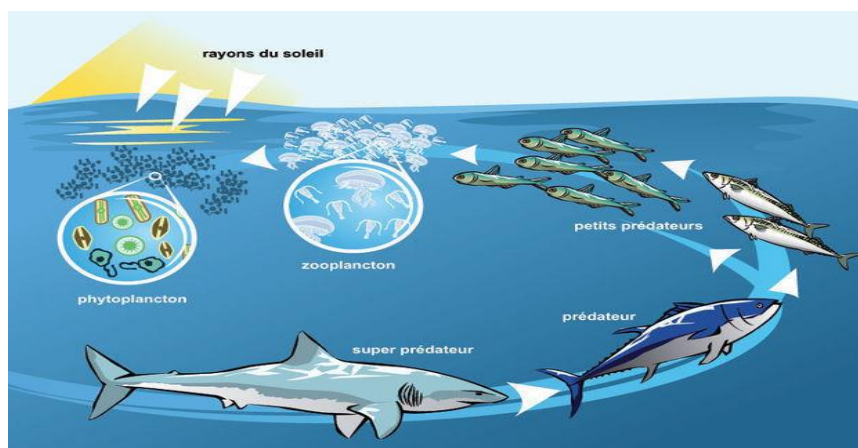
L'importance du phytoplancton dans les milieux aquatiques est due à leur capacité de synthétiser des hydrates de carbone et de l'oxygène, à partir des éléments minéraux dissous dans l'eau et de l'énergie lumineuse, selon l'équation de Redfield. Lors de la photosynthèse, le phytoplancton est capable de fixer en milieu marin entre 20,109 et 55,109 tonnes de carbone. L'atmosphère est riche de 21% d'oxygène. Cet élément vital a été produit essentiellement par le plancton végétal et les bactéries photosynthétiques au début de l'histoire de la terre grâce à la photosynthèse. Cet oxygène aquatique libéré dans l'air a permis la formation de la couche d'ozone (qui comporte trois atomes d'oxygènes) de la haute atmosphère. Sans cette protection contre les rayonnements ultraviolets du soleil, jamais les plantes vertes n'auraient pu conquérir les continents, il y a 600 millions d'années, suivies de près par les animaux (**Pierre et Anne, 2014**).

## 7.2. La chaîne trophique

Le phytoplancton est universellement reconnu comme étant le premier maillon de la chaîne trophique dans l'écosystème aquatique. Le phytoplancton se compose d'organismes que l'on qualifie de producteurs primaires et c'est à ce titre qu'il joue un rôle essentiel dans le développement et la survie de tous les organismes aquatiques vivants puisqu'il correspond en réalité au premier maillon d'une pyramide alimentaire, dans laquelle chaque échelle en sert de nourriture au suivant (**Boutahraoui, 2017**). Ces organismes sont eux-mêmes nourriture pour les grands prédateurs des océans : méduses, poissons, oiseaux, mammifères marins, et humains (**Christian, 2013**).

L'énorme biomasse phytoplanctonique est à la base de la chaîne alimentaire (**Christian, 2013**). Il est absorbé par les organismes microscopiques (zooplancton) et les

animaux de petite taille. Ceux-ci constituent eux-mêmes la nourriture de consommateurs plus gros qui, à leur tour, sont mangés par d'autres prédateurs. Le phytoplancton est ainsi à la base de la chaîne alimentaire aquatique. Les microalgues ne sont pas appréciées exclusivement par le zooplancton, elles sont un aliment de choix pour des espèces filtreuses de plus grande taille comme les huitres, les moules, à leur stade larvaire et durant toute leur vie d'adulte. Se nourrissant à tous les étages de la pyramide, y compris au rez-de-chaussée, l'homme consomme également du phytoplancton (spiruline, chlorelle...etc.) (**Pierre et Anne, 2014**).



**Figure 03** : La chaîne alimentaire marine (3).

### 7.3. Le phytoplancton comme indicateur de pollution

Les eaux douces et particulièrement les eaux de surface, qui représentent une ressource vitale pour l'homme, sont menacées par des pollutions diverses, d'origine anthropique. Le phytoplancton réagit à ces altérations et peut être considéré comme un indicateur de la dégradation de la qualité des eaux continentales. La variété des taxons présents dans un prélèvement, leur assemblage, la présence ou l'absence de groupes sensibles (aux pollutions par exemple), donnent une indication sur la qualité des milieux. Un indicateur biologique (ou bioindicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques permet de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées (**Khedairia, 2020**).

A cet effet, en 2002 Reynolds et *al* ont publiés une description détaillée de 31 assemblages phytoplanctoniques qui peuvent être vus comme des groupes fonctionnels, c'est à dire des groupes d'espèces avec une sensibilité plus ou moins grande pour différentes

combinaisons de propriétés physiques, chimiques et biologiques internes au lac (profondeur de la zone de mélange, lumière, température, P, N, Si, CO<sub>2</sub> et pression de prédation). Le phytoplancton, qui est donc fortement influencé par les changements environnementaux, est considéré comme étant la première communauté biologique à répondre à l'eutrophisation, spécialement dans les lacs. Ainsi, ce compartiment biologique a été proposé puis imposé par la DCE (directive cadre de l'eau ; directive européenne du 23 décembre 2000) comme élément de qualité biologique pour les lacs et est identifié aujourd'hui comme un bioindicateur potentiel puisque répondant aux changements trophiques des masses d'eau (**Khedairia, 2020**). Globalement, la prolifération du phytoplancton a un impact direct sur les écosystèmes aquatiques entraînant des modifications de la diversité et de la dynamique des populations.

En outre, certaines espèces, dont les Cyanobactéries, sont susceptibles de synthétiser des toxines à l'origine d'intoxications plus ou moins graves, représentant des risques importants pour la santé humaine et animale. Les usages de l'eau peuvent ainsi être limités par ces contaminations (**Khedairia, 2020**).

#### 7.4. Autres rôles

En plus des deux rôles cités ci-dessus, le phytoplancton peut être utilisé dans de nombreux domaines. Certaines espèces du phytoplancton, peuvent être utilisées comme des indicateurs de pollution, ainsi *Chamaesiphon polonius* et *Calothrix sp* sont caractéristiques des eaux non polluées, par contre *Oxillatoria chlorina* et *Spirulina jenniferi* peuvent survivre dans les milieux très pollués et pauvres en oxygène. Cependant *Phormidium sp* est présente dans les eaux moyennement polluées. Certains genres de phytoplancton comme : *Euglena*, *Volvox* et *Spirogyra* sont des bio-accumulateurs d'éléments radioactifs. Ils sont utilisés pour lutter contre ce type particulier de pollution (**Boutahraoui, 2017**).

#### 8. Classification du phytoplancton

En eau douce comme en milieu marin, une multiplicité de formes de vie du phytoplancton existe. La détermination des taxons en microscopie optique, méthode employée dans notre étude, s'effectue selon des critères morphologiques, de coloration pigmentaire et de mode d'organisation des différentes espèces. La dénomination du phytoplancton repose sur la classification linnéenne qui assigne des rangs taxonomiques à la classification des êtres vivants (classes, ordres, familles, etc.) Du fait de l'absence d'ouvrage de synthèse taxonomique récent, la classification basés sur les travaux de Bourelly (1981,

1985, 1990) (Tab. 06). Les descriptifs présentés visent simplement à illustrer les principaux critères cytologiques et morphologiques utilisés en microscopie optique pour déterminer les individus du phytoplancton (Baillot, 2013).

**Tableau 06** : La classification du phytoplancton selon Bourelly (Asconit, 2015).

Embranchement	Classe	Ordre
Chlorophyta	Euchlorophycées	<i>Vovocales</i>
		<i>Tétraspores</i>
		<i>Chlorococcales</i>
	Ulothricophycées	<i>Ulothricales</i>
		<i>Ulvales</i>
		<i>Chaetophorales</i>
		<i>Oedogoniales</i>
		<i>Trentépothiales</i>
		<i>Sphaeropléales</i>
		<i>Siphonocladales</i>
		<i>Siphonales</i>
		<i>Dischotomosiphonales</i>
		<i>Zygophycées</i>
	<i>Charophycées</i>	<i>Charales</i>
Chromophyta	Chrysophycées	<i>Chromulinales</i>
		<i>Chrysosaccales</i>
		<i>Isocharysidales</i>
		<i>Monosigales</i>
		<i>Ochromonadale</i>
	Xanthophycées	<i>Tribonématales</i>
		<i>Misochococcales</i>
		<i>Chloramoebaales</i>
		<i>Rhizochloridales</i>

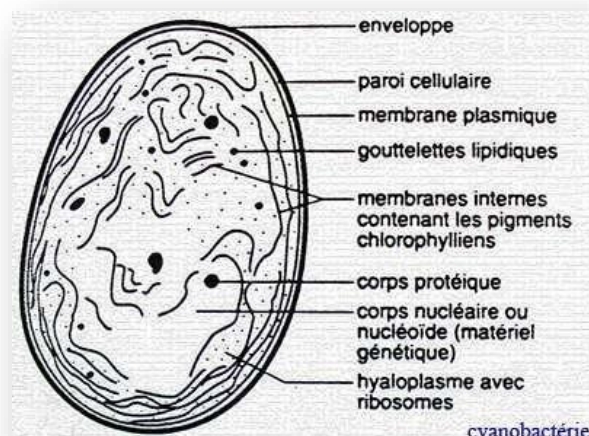
Tableau 06 : (Suite)

		<i>Vauchériales</i>
		<i>Hétérogloecales</i>
		<i>Ectocarpales</i>
		<i>Sphacélariales</i>
	<b>Phaeophycées</b>	
	<b>Bacillariophycées = Diatomées</b>	
<b>Pyrrophyta</b>	<b>Cryptophycées</b>	<i>Cryptomonales</i>
		<i>Tétragonidiales</i>
	<b>Dinophycées</b>	<i>Péridiniales</i>
		<i>Dinococcales</i>
<b>Cyanophyta</b>	<b>Cyanophycées</b>	<i>Chroococcales</i>
		<i>Nostoccales</i>
<b>Euglénophyta</b>		<i>Euglénales</i>

### 8.1. Les cyanobactéries

Les cyanobactéries forment un groupe extraordinaire de procaryotes, et mérites bien une visite spéciale. On les a nommées algues bleu-vert, cyanophycées, cyanophytes. Ce sont les héritières directes d'organismes ancestraux qui ont inventé la photosynthèse des plantes vertes grâce à l'acquisition d'un dispositif rendant possible l'emploi de l'eau comme source d'électrons. Cette photosynthèse est dite oxygénique car elle produit de l'oxygène diatomique, et peut donc se pratiquer en complète aérobie. L'oxygène a peut-être commencé à s'accumuler dans l'atmosphère terrestre grâce à l'activité des premières cyanobactéries. Dans la mesure où l'oxygène était rare ou absent dans l'atmosphère primitive du globe, l'apparition de ces formes vivantes capables de fabriquer de l'oxygène moléculaire a dû provoquer de grands bouleversements écologiques au sein de la biosphère. Les cellules des cyanobactéries sont dépourvues de noyau, de mitochondries et de plaste, et vivent à l'état séparé ou sont organisées en filament pluricellulaires selon les espèces. Elles sont dotées de constituants tout à fait typiques des procaryotes, comme les peptidoglycanes. Une foule de caractères allant des lipides et des enzymes à la structure des ribosomes, l'organisation génétique et le mode de division cellulaire rapprochent à l'évidence les cyanobactéries des procaryotes standards. Les cyanobactéries ont des pigments accessoires particuliers, les phycobilines, qu'on ne retrouve que dans des groupes très limités d'eucaryotes (algues rouges) (Jean, 1993).

La caractéristique fondamentale de l'organisation cellulaire des cyanobactéries est la présence des deux types de photosystèmes ; chacun correspond à un ensemble organisé et structuré d'antennes liées à un centre réactionnel. Les photosystèmes appartiennent à deux types I et II, décrits plus loin. Ils sont inclus dans des membranes lipidiques, les thylacoïdes, des vésicules aplaties pourvues d'un espace intérieur, le lumen. Les photosystèmes forment des unités structurales qui peuvent être isolées (Jack et Jean, 2018).



**Figure 04 :** Schéma d'une cyanobactérie en coupe (4).

## 8.2. Les chlorophycées

Les chlorophycées sont des microalgues vertes vivant isolées ou organisées en colonies dans les eaux marines et douces des zones tempérées et chaudes. Unicellulaires ou pluricellulaires, de forme ovoïde, elles mesurent de 1 à 10 microns et peuvent, comme les chrysophycées, posséder deux flagelles qui leur permettent de se maintenir en surface. Algue-fourrage dans le milieu naturel, la chlorophycée est également cultivée en éclosion. Par exemple, *Dunaliella tertiolecta* sert à la nutrition des larves d'oursins et des bivalves adultes (huîtres, moules) (Pierre et Anne, 2014).

## 8.3. Les xanthophycées

Regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Elles vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte. Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de taille différente. La paroi cellulaire est souvent absente et quand elle est présente, elle contient une grande quantité de pectine et peut être siliceuse chez plusieurs espèces. Les



xanthophycées se divisent essentiellement par fission binaire mais peuvent également former des zoospores. La reproduction sexuée, quand elle a lieu, est le plus souvent isogame (Abaidia, 2020).

#### 8.4. Les chrysophycées

Les chrysophycées (T-Isochrysis) sont des algues unicellulaires jaunes à brunes, de forme allongée et de petite taille (2 à 3 microns). Elles vivent indépendantes ou en colonies dans les eaux marines et continentales des zones tempérées et chaudes. La chrysophycée est une micro-algue pélagique. Dotée de deux flagelles, elle peut se déplacer, sans toutefois contrer les courants, et occuper tout le volume des eaux de surface, à la différence des diatomées qui tombent rapidement au fond de la mer où elles nourrissent le zooplancton benthique et les filtreurs (huîtres, moules...). C'est un phytoplancton très intéressant pour les réseaux trophiques car il est présent partout (Pierre et Anne, 2014).



**Figure 05:** photo d'une espèce des chrysophycées (5).

#### 8.5. Les bacillariophycées (diatomées)

Les diatomées (encore appelées bacillariophycées ou diatomophycées) sont des organismes microscopiques de nature végétale, vivant dans l'eau, soit en suspension (plancton), soit sur le fond, libres ou fixés à des supports divers. Ce sont des algues jaunes et brunes unicellulaires dont la taille varie entre deux micromètres. Il a fallu attendre l'invention du microscope afin d'apercevoir pour la première fois ces jolie algue unicellulaire jaunes ou brunes, puisque les géantes parmi elles mesurent à peine 1 millimètre. Même elles sont invisibles à l'œil nu, comme tout le phytoplancton, il nous est cependant possible de les repérer lorsqu'elles sont en grande concentration. Par exemple, le



dépôt végétal couleur moutarde que l'on remarque parfois sur les vases et les sables lorsque la mer se retire est en fait un amas de diatomées (**Pierre et Anne, 2014**).

Les diatomées constituent un groupe très diversifié et majoritaire dans le phytoplancton (**Jean et al., 2008**). À titre d'exemple, elles sont responsables, à elles seules, de 20 à 25 % de la production primaire nette océanique mondiale. Elles sont représentées par 10 000 à 12 000 espèces. Elles seraient le groupe végétal le plus répandu. On les trouve dans tous les milieux, de l'eau douce à l'eau salée, et même dans les gouttières ! Elles vivent partout, à toutes les températures, même extrêmes, puisque la plus grande concentration de diatomées serait sous la calotte glaciaire (**Pierre et Anne, 2014**).



**Figure 06:** photo d'une espèce des diatomées (6).

### 8.6. Les dinoflagellés

Les dinoflagellés sont des microalgues unicellulaires de couleur rouge-orangé et de taille moyenne ou petite, entre 3 et 50 microns. Leurs deux flagelles leur permettent d'effectuer de relatifs déplacements tournoyants (du grec Dino, « toupie ») et des migrations verticales. On distingue les dinoflagellés « nus » et les dinoflagellés « cuirassés » possédant une thèque de cellulose (enveloppe servant de protection). Aussi connus sous le nom de dinophycées, ils appartiennent à la famille des phytoflagellés et son apparus il y a plus de 400 millions d'années. Environ 3000 espèces sont actuellement connues et de nouvelles sont régulièrement découvertes (**Pierre et Anne, 2014**).

Particulièrement abondants dans les régions tempérées et polaires, les dinoflagellés sont présents dans le monde entier et vivent, isolés ou en colonies, dans les eaux marines ou saumâtres. Se développant habituellement du printemps à l'automne, ils apparaissent aujourd'hui également de plus en plus souvent toute l'année. Comme toutes les

microalgues, ils se reproduisent par division cellulaire : une cellule mère donne deux cellules filles toutes les douze à trente-six heures. Les dinoflagellés occupent une place importante (après les diatomées) dans la contribution à la production primaire, alimentation de base de la chaîne alimentaire marine qui va jusqu'aux gros poissons et aux grands mammifères marins (**Pierre et Anne, 2014**).

### 8.7. Les euglènes

Les Euglénophytes ou Eugléniens, du grec Euglenos c'est à dire aux belles prunelles sont des algues unicellulaires flagellées rarement coloniales. Elles contiennent de la chlorophylle « a » et « b » et leurs réserves glucidiques sont constituées par le paramylon stocké dans le cytoplasme. Des gouttelettes lipidiques constituent des réserves supplémentaires (**Khedairia, 2020**).

La classe des Euglénophycées est unique pour ce phylum, elle se réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires, sans paroi cellulaire, possèdent un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, une vacuole contractile et un stigma orange à rouge composé de globules de caroténoïdes. Bien que certaines euglènes soient non pigmentées, phagotrophes (capable d'ingérer des particules solides) et par conséquent considérés comme des protistes animaux (ex. protozoaires), la plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes. Ce sont des microorganismes surtout dulçaquicoles (en particulier dans des milieux riches en matière organique). La multiplication s'effectue par division cellulaire. Ces algues unicellulaires se déplacent à l'aide de deux flagelles de taille inégale, étranges organismes que ces euglènes dont certaines sont capables de vivre comme des cellules animales dans l'obscurité et comme des cellules végétales à la lumière (chlorophylle a et b et caroténoïdes) : Elles passent donc du statut d'hétérotrophes à celui d'autotrophes (**Khedairia, 2020**).

### 8.8. Les coccolithes

Les coccolithes (coccolithophoridés) sont des algues unicellulaires exclusivement marines qui vivent principalement dans les régions froides comme le Canada et l'Atlantique Nord. Ces microalgues aux formes variées mesurent entre 5 et 50 microns. Elles sont visibles au microscope et comptent plusieurs centaines d'espèces répertoriées (**Pierre et Anne, 2014**).

Les coccolithes se caractérisent par leur squelette externe. Tout comme les diatomées captent de la silice dans l'eau pour construire leur carapace, les coccolithes y

puisent du carbonate de calcium pour fabriquer leur enveloppe calcaire. Cette sorte de « coquille », appelée coccosphère, est composée de facettes calcaires : les coccolithes. Lorsque la micro-algue meurt, les squelettes tombent rapidement au fond de l'eau et, une dizaine de jours après, s'entassent sur le plancher océanique. Leur accumulation donne naissance à des boues qui sédimentent au fil des millions d'années... et l'aventure de la craie commence (**Pierre et Anne, 2014**).

### III. Généralités sur les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires dont les dimensions sont de l'ordre du micromètre, elles sont constituées d'une cellule procaryote (**Baudry et Brezellec, 2006**). Elles peuvent se développer totalement individualisées de manière planctonique (**Denis, 2013**). Elles sont ubiquitaires dans la nature, elles se trouvent dans tous les milieux ; air, sol, eau et même dans/sur d'autres êtres vivants. Chez les humains on les dit alors commensales. Elles peuvent faire partie des flores cutanée, digestive, buccale, génitale. Une minorité est pathogène et certaines ne le sont que dans certaines conditions (**Rodier, 2009**).

#### 1. Les analyses bactériologiques des eaux

##### 1.1. Objectif

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale. On peut noter que l'absence de contamination fécale ne laisse en rien présager l'absence d'espèce potentiellement pathogène (exemple : Legionelles, pseudomonas) (**Rodier, 2009**).

##### 1.2. Procédures des analyses

L'analyse débute par l'acte de prélèvement qui doit mettre en œuvre des méthodes propres à assurer l'absence de contamination de l'échantillon et la survie bactérienne (conditions de conservation). Les méthodes générales d'examen bactériologique des eaux au laboratoire présentent un choix de techniques appliquées à la recherche des bactéries indicatrices de pollution et d'efficacité de traitement (bactéries aérobies revivifiables, coliformes totaux, coliformes thermotolérants, entérocoques, anaérobies sulfite-réducteurs), puis des bactéries spécifiques, pathogènes strictes ou pathogènes opportunistes (**Rodier, 2009**). Passant à la culture, en milieu liquide d'où elles se dispersent librement et leur multiplication se traduit par un trouble, le plus souvent homogène. Sur un milieu solide, les bactéries se déposent à la surface. Lorsque la quantité de bactéries est faible, chaque bactérie va pouvoir se multiplier sur place jusqu'à former un amas de bactéries visible à l'œil nu, que l'on appelle colonie. (Si la densité bactérienne est trop élevée dans

l'échantillon ensemencé, les colonies sont confluentes et forment une nappe.) L'emploi de milieux solides permet ainsi le dénombrement des bactéries viables dans un échantillon. Il suffit en effet pour cela d'étaler sur des milieux solides (gélifiés) un volume connu de différentes dilutions de l'échantillon et de compter les colonies obtenues avec la dilution adéquate. Un autre intérêt des milieux solides est qu'ils permettent d'apprécier la morphologie des colonies qui peut varier selon les espèces bactériennes (**Charles et Jean, 2007**).

Cette analyse est importante car la qualité bactériologique d'une eau n'est pas un paramètre stable, mais au contraire sujet à fluctuation, par pollution accidentelle, nécessitant des contrôles permanents et représentant la cause la plus fréquente de non potabilité de l'eau (**Rodier, 2009**).

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (**Rodier, 2009**).

## 2. La pollution fécale

De nos jours, la pollution fécale des eaux de surface et côtières est une préoccupation mondiale. En effet, cette pollution a des conséquences à la fois sanitaires et économiques en raison des nombreux usages des eaux (**Akpo et al., 2016**). Les flores indicatrices de contamination fécale sont présentées par les microorganismes vivant normalement dans l'intestin de l'homme et des animaux, subdivisées en trois groupes (**Amrane et Fékraoui, 2016**)

- Les coliformes et coliformes thermotolérants, en particulier *E. coli*, ainsi que les entérobactéries dans leurs ensembles.
- Les streptocoques fécaux.
- Les Clostridiiums sulfite-réducteurs.

Les maladies diarrhéiques sont essentiellement causées par la pollution fécale, dont les principaux agents indicateurs sont des bactéries identifiées comme des *Coliformes fécaux* (CF), *Streptocoques fécaux* (SF) et *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*) (**Akpo et al., 2016**).

### 3. Les bactéries indicatrices spécifiques de la pollution fécale

Ce sont les indicateurs microbiens de pollution fécale appelés aussi germes test ou germes témoins de contamination fécale (**Bentafar et Djebairia, 2016**). Ils ont été utilisés comme un outil pour surveiller l'état de la pollution et aussi pour évaluer leurs impacts biologiques (**Brown et Takada, 2017**).

#### 3.1. Coliformes totaux

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae* (**Rodier, 1996**).

Selon l'organisation internationale de standardisation (**ISO**), le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram-négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35°C à 37°C (**Rodier, 1996**).

Le dénombrement de ces organismes est souvent désigné sous l'expression de «dénombrement des coliformes totaux ». Ainsi, les coliformes constituent-ils un rassemblement assez hétéroclite du point de vue taxonomique. Mais leur étude est traditionnelle et les renseignements donnés par cet examen sont d'une certaine utilité dans le domaine de la santé publique. Les coliformes comprennent les genres : *Esherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (**Rodier, 1996**).

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (**Zaoui et Kaid, 2020**).

#### 3.2. Coliformes fécaux

Elles présentent les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux et le principal représentant est la bactérie *Escherichia*, d'origine exclusivement fécale (**Rodier, 1996**).

Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes: *Citrobacter freudii*, *Citrobacter diversus*, *Citrobacter amalonaticus*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella*

*oxytoca*, *Moellerella wisconsensus*, *Salmonella* (sous-genre III *Arizona*), *Yersinia enterocolitica* (**Rodier, 1996**).

La présence d'*E. coli* est considérée comme un bon indicateur d'une contamination récente du milieu par du matériel fécal humain ou d'animaux à sang chaud (**George, 2002**). Néanmoins, leur mise en évidence dans l'eau n'est pas la preuve de la présence de pathogènes, mais elle permet de la suspecter fortement (**Craun, 1997**).

Les coliformes fécaux seraient plus fragiles que *E. faecalis* et *E. faecium*, mais plus résistants que *S. bovis*. Si le rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux est supérieur à 1, la pollution doit être d'origine essentiellement humaine (égouts urbains). En effet l'homme, à la différence des animaux, excrète beaucoup moins de streptocoques fécaux que de coliformes (**Bonnefoy et al., 2002**). Il s'ensuit que la présence, de ces microorganismes soit considérée comme suffisante pour affirmer la nature fécale et leur présence dans l'eau de puits doit être interprétée comme l'indice d'une situation dangereuse. C'est pourquoi, du point de vue pratique, il faut considérer jusqu'à preuve du contraire que tous les coliformes observés sont d'origine fécale (**Haouya, 2019**).

### 3.3. *E. coli*

C'est une bactérie du tube digestif de nombreux vertébrés dont l'Homme. Elle est aérobic facultative, c'est à dire qu'elle se développe en présence et en absence de dioxygène. Elle mesure entre 0,5 et 3  $\mu$  de long et pèse entre 0,5 et 5 picogrammes. Sa culture est facile et elle se développe très vite (**Bengarnia, 2016**). Elle peut devenir pathogène si les défenses de l'hôte se trouvent affaiblies ou si elle acquiert des facteurs de virulence particuliers (**Bengarnia, 2016**).

Les souches d'*E. coli*, pathogènes intrinsèques ou opportunistes, peuvent être responsables de gastro-entérites, d'infections urinaires, de méningites ou encore de sepsis (**Denis, 2013**). (sepsis est un terme médical qui désigne toute « réponse inflammatoire généralisée associée à une infection grave »).

### 3.4. Streptocoques fécaux

Ce sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : Enterococcus et Streptococcus. Ce sont les streptocoques possédant une substance

antigénique caractéristique du groupe D de Lance field (**Merah, 2019**). Ils sont de bons indicateurs de pollution. Par contre, ils sont peu utilisés comme indicateur d'efficacité de traitement car ils sont simplement plus résistants aux désinfectants que les coliformes et les autres entérobactéries pathogènes du genre *Salmonelles* ou *Shigella* (**Bengarnia, 2016**).

La plupart des streptocoques intestinaux sont aujourd'hui classés dans le genre *Enterococcus* Ils poussent sur le milieu de Mac Conkey qui contient de la bile (**Tony et Paul, 1997**).

Dans les eaux, ils sont témoins de contamination fécale, car ils ont tous un habitat fécal, mais leur spécificité n'est pas identique pour toutes les espèces (**Bonnefoy et al., 2002**).

### 3.5. *Clostridium* sulfito-réducteurs

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des bacilles à Gram positif, anaérobie, qui produit des spores, responsables de différentes maladies sans relation les unes avec les autres et caractérisées par des manifestations cliniques spécifiques. On peut citer la colite pseudomembraneuse (maladie inflammatoire du colon), le botulisme, le tétanos, des infections des tissus mous avec invasion du muscle (gangrène gazeuse et cellulite –infection du tissu conjonctif sous-cutané), et des intoxications alimentaires. Beaucoup de ces maladies dues à des bactéries du genre *Clostridium* sont graves et mortelles. Toutes sont causées par des exotoxines sécrétées par ces bactéries. On trouve la bactérie dans le gros intestin, chez l'homme, où elle a tendance à rester dans un état quiescent, en petite quantité (**Schaechter et al., 1999**).

L'identification des *Clostridium* repose d'abord sur les caractères morphologiques : bacilles Gram positif généralement de taille importante et présence d'une spore. La mise en évidence de la spore se révèle délicate et sera donc utilement complétée par l'étude de la résistance à 80 °C durant 10 minutes (**Guy et Jean, 1998**).

La plupart des espèces de *Clostridium* sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. Ainsi la présence de *Clostridium* dans les eaux ou les aliments par exemple signe en général une contamination fécale (**Maiga, 2005 ; Hélène, 2000**).



### 3.6. Les germes revivifiables: Bactéries indicatrices

Ce sont les germes aérobies mésophiles représentées par une large gamme d'espèces bactériennes, la double culture à 37°C et à 22°C permet la croissance d'une multitude de micro-organismes, à cette limitation de température, toute une série de sulfureuses, ferrugineuses et des germes anaérobies cependant la grande majorité de la flore banale et pathogène pourra se multiplier (Adjelane et Bourebaa, 2018).

### 4. Origine de la pollution fécale

L'origine de la pollution fécale est reliée au rapport quantitatif des coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux (CF/SF). Lorsque ce rapport CF/SF est supérieur à 4, la pollution est essentiellement humaine (Tab. 07) (rejet des eaux usées). Lorsqu'il est inférieur à 0,7, l'origine animale, notamment le bétail et en particulier les moutons, semble jouer un rôle prédominant dans la contamination de l'eau (Satha et Makroudi, 2015).

**Tableau 07:** Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF (Bouzit et Hammouche, 2016).

Rapport CF/SF	Source de contamination
$R > 4$	Origine exclusivement humaine
$4 > R > 2$	Origine mixte à prédominance humaine
$2 > R > 1$	Origine incertaine
$1 > R > 0.7$	Origine mixte à prédominance Animale
$0.7 > R$	Origine principalement animale

### 5. Bactéries pathogènes

Les bactéries pathogènes (Tab. 08) jouent le rôle de signal d'alarme. En fait, seules les Salmonelles et les Shigelles sont des bactéries fréquemment recherchées, en dehors de cas d'épidémies. Ces dernières années cependant, une certaine importance a été attribuée aux *Yersinia*, *Campylobacter*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Legionella pneumophila*, *Aeromonas hydrophila* et *Vibrio cholerae* (Merah, 2019).

Tableau 08 : Les bactéries pathogènes des eaux (Baumont, 1997).

<b>Agents pathogènes</b>	<b>Symptômes, maladies</b>	<b>Voies de contamination Principales</b>
<b>Salmonella</b>	Typhoïde, Paratyphoïde, salmonellose	Ingestion
<b>Shigella</b>	Dysenterie bacillaire	Ingestion
<b><i>E. coli</i></b>	Gastro-entérite	Ingestion
<b>Yersinia</b>	Gastro-entérite	Ingestion
<b>Campylobacter</b>	Gastro-entérite	Ingestion
<b>Vibrio</b>	Choléra	Ingestion
<b>Leptospira</b>	Leptospirose	Cutanée/ Inhalation/ Ingestion
<b>Legionella</b>	Légionellose	Inhalation
<b>Mycobacterium</b>	Tuberculose	Inhalation



*Chapitre II :*  
**Matériel et méthodes**

## Chapitre II: Matériel et méthodes

### I. Description de la zone d'étude

#### 1. Description de la région d'étude

La wilaya de Guelma est une ville de Nord-est algérien. Du point de vue géographique, elle se situe à 60 km de la mer méditerranée, à 100 km de la métropole Constantine et à 150 km de la frontière tunisienne. Elle est limitrophe aux Wilayas de 'Annaba' au Nord distance à quelques 60 Km, 'El Tarf' au Nord-est, 'Souk Ahras' à l'Est est à 70 Km, 'Oum El-Bouaghi' au Sud à 120 Km, 'Constantine' à l'Ouest à une 100 de Km, 'Skikda' au Nord-ouest, est à moins de 80 Km. Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud. La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km<sup>2</sup>.

Le climat de la région de Guelma est continental semi-aride et sub-humide, caractérisé par une variation saisonnière distincte. Il se manifeste par une longue période estivale sèche et chaude et d'hiver humide (Belkhiri, 2017).

#### 2. Description du site d'étude

La mare de **Madjen BELHARITI** est située à côté de la route nationale de la wilaya W27, sous Mechtet El byadha. Elle est limitée au nord par Oued Bouhamdane, au sud par Borj Sabbat et à l'est par Ras El Akba. Elle se situe à 495 mètres d'altitude les coordonnées géographiques sont : N 36°26. 157' et E 007° 05.157'.



**Figure 07:** Photo de la mare de Madjen BELAHRITI.






**Figure 08:** Situation géographique de la mare de Madjen BELAHRITI et localisation le point de prélèvement (google maps, 2021)

### 2.1. Faune de la mare

Madjen Belhariti est une mare riche et complexe qui cache une multitude d’êtres vivants d’origine animale ou végétale.

Ce site est caractérisé essentiellement par une faune aquatique et semi-aquatique (Tab. 09), la présence des mammifères, les insectes, les amphibiens, les volailles, les reptiles...etc.

**Tableau 09:** La faune du site d’étude.

Les insectes	Les amphibiens	Les oiseaux	Les reptiles
<p><b>Ex :</b> Les mouches Les moustiques Les abeilles</p>	 <p><b>Ex:</b> Les grenouilles</p>	 <p><b>Ex :</b> Les canards</p>	 <p><b>Ex :</b> Les tortues</p>



## 2.2. Flore de la mare

Ce site comporte une flore diverse. Composé essentiellement des plantes aquatiques que l'on a trouvées dans cette mare, plus des nombreux types d'arbres, d'arbustes et d'herbes entourant la mare (Fig. 09), qui doivent être identifiés et classés par des spécialistes:



**Figure 09:** La végétation de la zone d'étude (Madjen Belahriti).

## II. Méthodes de travail

### 1. Choix de station

Notre expérience sur terrain à été menée sur une seule station choisi de manière précise, elle peut présentée toute la mare vu qu'elle est de faible taille ne dépasse pas les 500 m<sup>2</sup>. Le choix de ce site est basé sur :

- ✚ C'est le premier travail du ce genre d'étude sur cette mare.
- ✚ Elle se situe en haute et exposé au soleil.
- ✚ Accessibilité du site permettant une visite régulière.

### 2. Prélèvement de l'eau pour l'analyse bactériologique

- Les échantillons pour la bactériologie ont été obtenus à l'aide d'un flacon en verre pyrex stérile muni d'un couvercle à cibler (**Derviche et al., 2008**).
- Retournez la bouteille à l'envers et complètement immergée sur une profondeur de 50 cm en position verticale en tenant le fond : elle est ensuite inversée jusqu'à ce que l'ouverture soit légèrement au-dessus du fond et dans le sens inverse du courant.
- Après le prélèvement, les flacons doivent être soigneusement rebouchés (**Khemis, 2013**).
- Tous les échantillons effectués accompagnés avec des fiches de prélèvements affranchies par les autorités responsables portant toutes les informations sur le site de prélèvement, la date, le statut de la zone, le nom de l'agent qui a procédé à l'exercice.
- L'échantillonnage est systématiquement accompagné de la mesure de descripteurs physicochimiques (pH, température, salinité) à l'aide d'un multi-paramètre (Multi 350 i / WTW).
- Les échantillons sont transportés dans une caisse isothermique (4-6 °C) jusqu'à leur arrivée au laboratoire pour effectuer l'analyse dans l'heure suivante.



**Figure 10:** Photo de multi-paramètre utilisé

### 3. Prélèvement de l'eau pour l'analyse phytoplanctonique

- Les échantillons ont été obtenus à l'aide d'une bouteille en plastique.
- Retournez la bouteille à l'envers et complètement immergée sur une profondeur de 50 cm en position verticale en tenant le fond.
- Ajouter de Lugol pour afin d'obtenir une concentration finale d'environ dans l'échantillon, Cette concentration finale peut s'apprécier à la couleur brun clair
- L'échantillon accompagné des coordonnées géographiques, de la profondeur, de la date et de l'heure du prélèvement, des mesures des paramètres associés, du nom de l'opérateur.



**Figure 11:** La fixation de l'échantillon par le Lugol.

### 4. Analyse bactériologique

On a effectué la recherche des germes ou des bactéries qui sont des indicateurs de contamination fécale. Ces paramètres sont :

- Recherche des germes revivables.
- Recherche des coliformes totaux et fécaux.
- Recherche des streptocoques fécaux.
- Recherche des spores des bactéries Anaérobies sulfite-réductrices.

Avant de commencer les essais, désinfecter la paillasse du laboratoire en utilisant une solution d'alcool éthylique à 70% ou un autre désinfectant qui ne laisse pas de résidus. Et flamber le goulot des tubes à essai contenant des milieux de culture avant de les utiliser. Les boîtes de Pétri doivent être placées en position inversée pour éviter la condensation sur la surface de la gélose.



On résume les techniques dans le tableau 10 :

**Tableau 10:** Techniques utilisées pour la recherche des bactéries.

Type de micro-organisme dénombré	Le milieu de culture utilisé	Condition d'incubation	Test complémentaire
Germes revivifiables	TGEA	37°C /48h pour les entérobactéries 22°C/72h	Aucun
Coliformes totaux et fécaux	BCPL	37°C/ 48h	Schubert + réactif Kovacs
Streptocoques fécaux	Roth	37°C/48h	Eva Litsky
Bactéries Anaérobies sulfito-réductrices (Clostridium)	Vf + Alun de fer et sulfite de sodium	37°C/48h	Aucun

#### 4.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables (germes totaux)

##### 4.1.1. Mode opératoire

- Verser 9 ml d'eau distillée dans deux tubes à essai stériles à l'aide d'une pipette graduée.
- Disposer 1 ml de la solution mère dans le tube 1 ( $10^{-1}$ ), agiter manuellement puis transférer 1ml dans le tube 2 ( $10^{-2}$ ).
  - A partir de l'eau à analyser (SM), transférer chaque 1ml de manière aseptique dans deux boîtes de Pétri vide et numérotées.
  - A partir de tube 1 de dilution, transférer chaque 1ml de manière aseptique dans deux autres boîtes de Pétri vide et numérotées.
  - A partir de tube 2 de dilution, transférer chaque 1ml de manière aseptique dans deux autres boîtes de Pétri vide et numérotées.
  - Compléter avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue dans chaque boîte puis refroidie à  $45 \pm 2^\circ\text{C}$ .
  - Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de «  $\infty$  » pour assurer l'homogénéité inoculum-gélose, puis laisser solidifier sur une surface fraîche et horizontale.
  - Retournez et partagez les boîtes préparées en deux séries distinctes (**Khemis, 2013**):

\* **Série 1** : 3 boîtes de Pétri sera incubées à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $68 \pm 4$  heures.

\* **Série 2** : 3 boîtes de Pétri sera incubées à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , pendant  $44 \pm 4^\circ\text{C}$  heures.

#### 4.1.2. Lecture

Les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes.

On considère que les colonies sont dénombrables si leur nombre est compris entre 15 et 300. Au-dessus 300, elles sont indénombrables, en dessous 30 on considère qu'elles sont trop rares pour être dénombrées.

Le calcul de la concentration en micro-organismes [N] présents dans l'échantillon est une moyenne pondérée à partir des résultats de 2 dilutions successives. Le nombre de germes par millilitre est donné par la formule suivante :

$$N = \frac{\sum \text{colonies}}{V \times (n1 + 0.1n2) \times d1}$$

**N**: Nombre d'UFC par ml de produit initial

**$\Sigma$  colonies**: Somme des colonies des boîtes interprétables

**V (ml)** : volume de solution déposée (1ml)

**n1** : nombre de boîtes considérées à la première dilution retenue

**n2** : nombre de boîtes considérées à la seconde dilution retenue

**d1**: facteur de la première dilution retenue

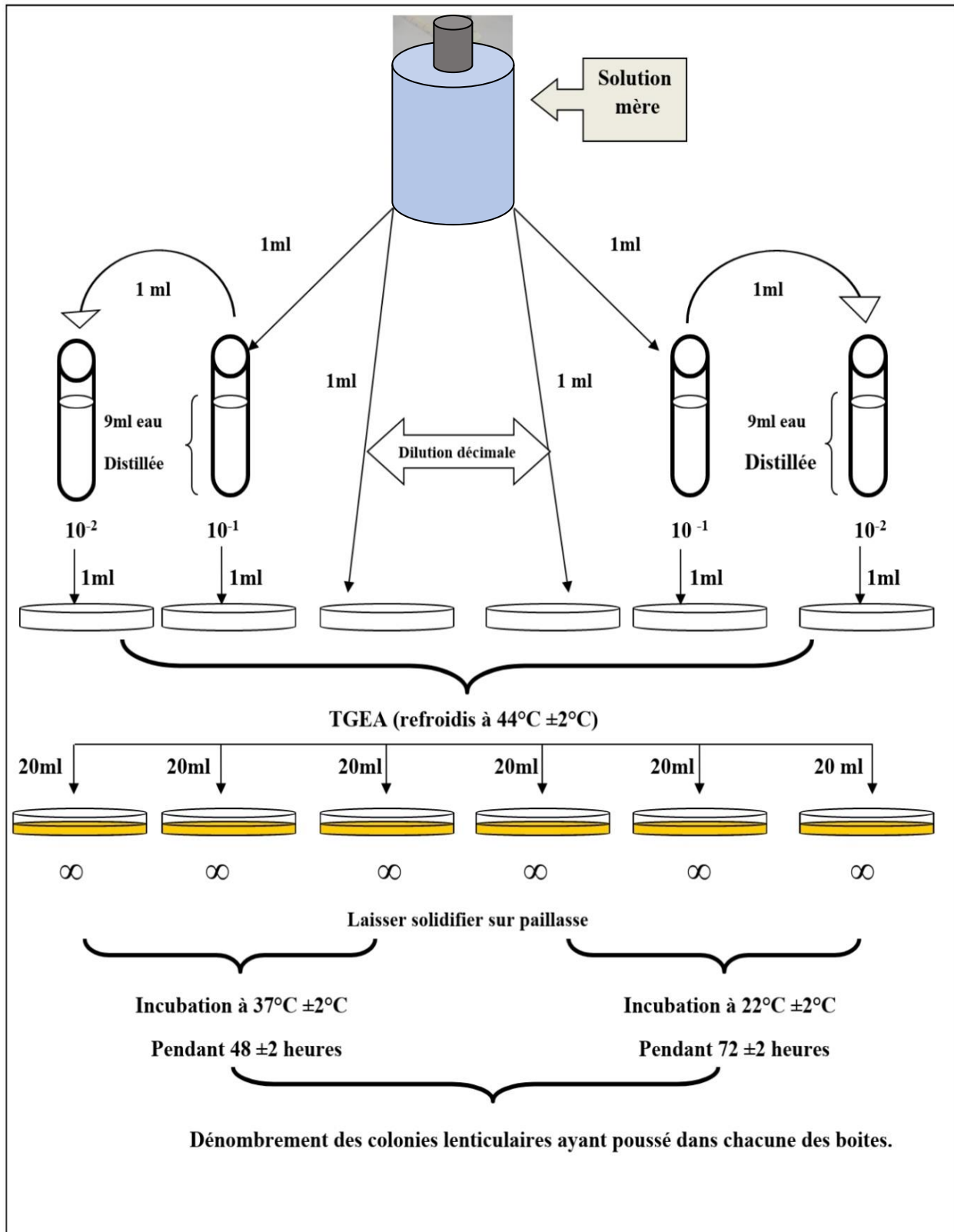


Figure 12: Protocole de la recherche des germes totaux.

## 4.2. Recherche et Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La technique Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermotolérants en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

### 4.2.1. Tests présomptifs (Recherche des coliformes totaux)

En utilisant le bouillon (BCPL) de simple et double concentration. Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

#### ➤ **Ensemencement**

On utilise:

- 3 tubes de 10ml de BCPL (D/C) avec 10 ml d'eau à analyser par chaque tube.
- 3 tubes de 10ml de bouillon BCPL (S/C) avec 1ml d'eau à analyser par chaque tube.
- 3 tubes de 10ml de bouillon BCPL (S/C) avec 0.1 ml d'eau à analyser par chaque tube.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 48h.

**Remarque :** la cloche ne devant pas contenir de gaz au départ.

#### ➤ **Lecture**

La lecture se fait 48h après l'incubation. Tous les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu avec de gaz dans la cloche (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) sont considérés comme positif (+) c'est-à-dire qu'ils renferment des coliformes totaux

#### ➤ **Expression de résultats**

Les tubes positifs dans chaque série se reportent à la table de Mac Grady NPP pour obtenir le nombre de coliformes totaux contenus dans 100 ml d'eau analysée.

### 4.2.2. Tests confirmatifs (recherche des coliformes fécaux)

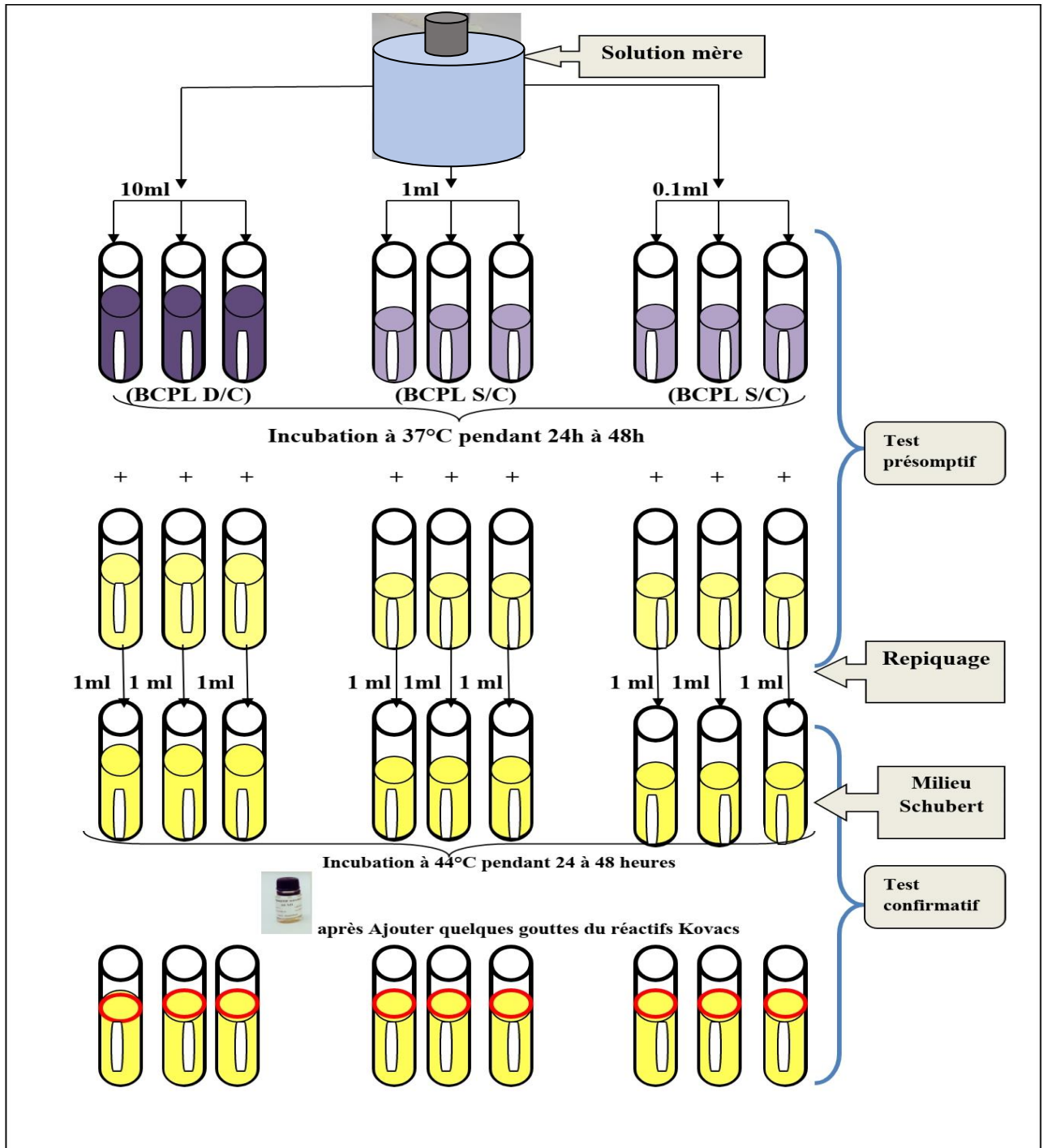
#### ➤ **Ensemencement (repiquage)**

A partir de chaque tube BCPL positif (+), ensemenecer 1ml dans un tube de milieu Indole Mannitol (milieu de Schubert) muni d'une cloche Durham.

Incuber à 44 °C pendant 24 h, puis ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs aux tubes contenant le bouillon de Schubert avec la cloche de Durham positif (+).

➤ **Expression de résultats**

Dès l'addition des gouttes de Kovacs les tubes présentant à la fois un dégagement gazeux et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole. Donc il y a présence des coliformes fécaux (ex : E. Coli).



**Figure 13:** Protocole de la recherche des coliformes totaux et coliformes fécaux.

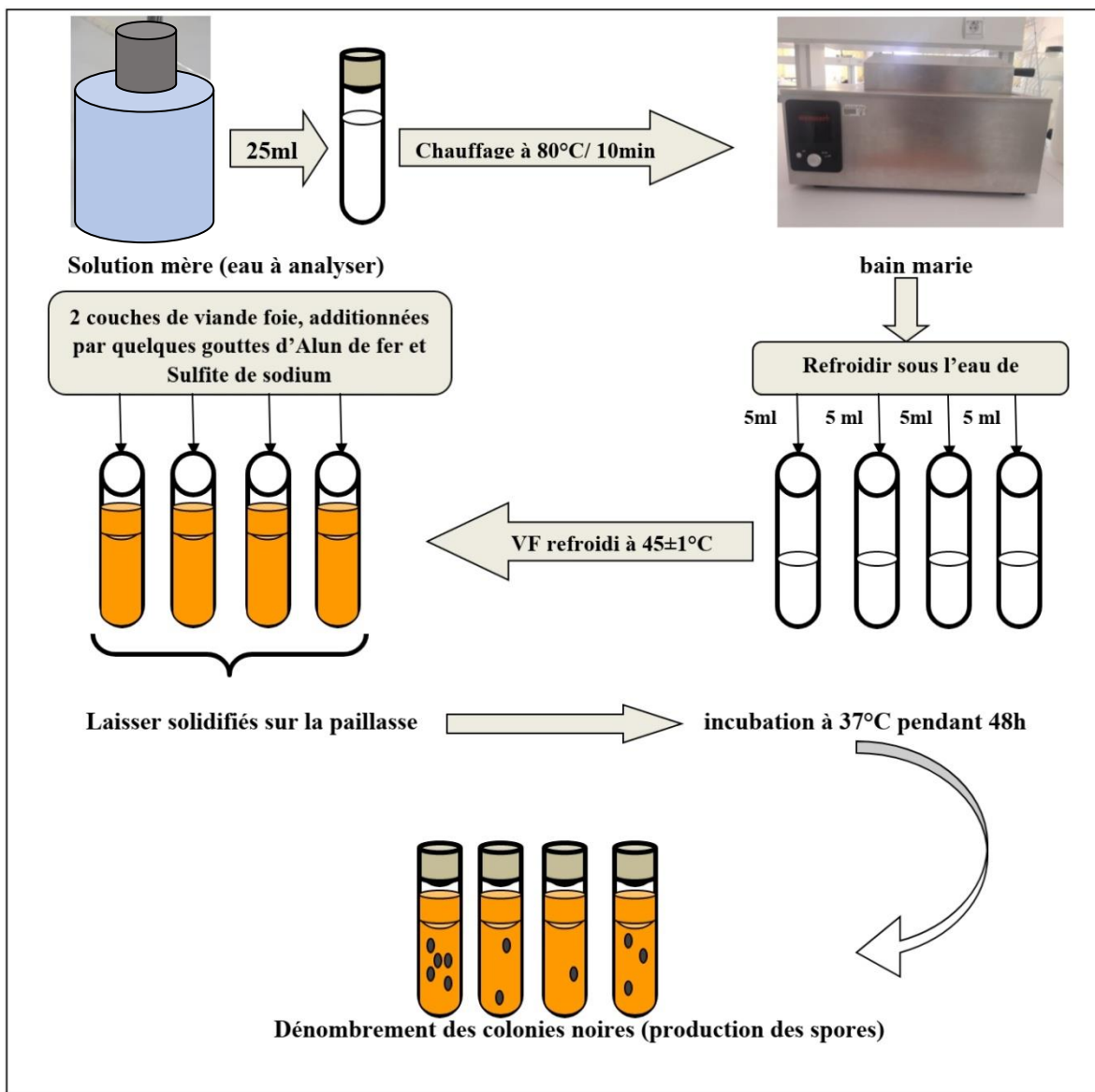
### **4.3. Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réductrices**

#### **4.3.1. Mode opératoire**

- ✓ Prendre environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives éventuellement présents.
- ✓ On refroidit le tube à 45 °C sous l'eau du robinet (choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative et garder seulement la forme sporulée des bactéries anaérobies Sulfite Réducteurs).
- ✓ Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- ✓ On complète ensuite chacun des tubes avec environ 15 ml de gélose viande de foie (VF + alun de fer et sulfite de sodium) et mélanger avec précaution.
- ✓ On laisse solidifier 30 min, puis on incube à 37 °C pendant 48 heures avec une première lecture après 16 heures d'incubation.
- ✓ Les Clostridium sulfite-réducteurs réduisent le sulfite de sodium produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de fer.

#### **4.3.2. Lecture**

Après la période d'incubation, les tubes contenant de grosses colonies noires sont considérés comme positifs et correspondent au Clostridium Sulfite-Réductrice (Fig. 14).



**Figure 14:** Protocole de la recherche des spores des anaérobies sulfite-réductrices.

#### 4.4. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide

Rechercher et dénombrer les streptocoques fécaux considérés comme des témoins de pollution fécale :

- La recherche présomptive des streptocoques.
- La recherche confirmative des streptocoques fécaux.

##### 4.4.1. Test présomptif

###### ➤ Mode opératoire

La recherche se fait en bouillon à l'Azide de Sodium (Bouillon de ROTH) à simple et double concentration.

➤ **Ensemencement**

- 3 tubes contenant 10 ml de bouillon de ROTH double concentration avec 10 ml d'eau par chaque tube.
- 3 tubes de 10 ml de bouillon de ROTH simple concentration avec 1 ml d'eau par chaque tube.
- 3 tubes de 10 ml de bouillon de ROTH simple concentration avec 0.1 ml d'eau par chaque tube.
- Homogénéisation puis incubation à 37 °C pendant 48h.

➤ **Lecture**

Les tubes présentant un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu sont considérés comme susceptibles de contenir un Streptocoque fécal.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP. Le test confirmatif est obligatoire.

#### **4.4.2. Test confirmatif**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

➤ **Ensemencement**

Les tubes de ROTH positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Eva Litsky.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures.

➤ **Lecture**

Les tubes présentant une culture et un jaunissement sont considérés comme positifs (+). On note généralement la présence d'une pastille violette (blanchâtre) dans le fond des tubes. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.

➤ **Expression des résultats**

Noter le nombre de tubes positifs (+) dans chaque série et se reporter aux tables du NPP pour connaître le nombre de streptocoques fécaux contenus dans 100 ml d'eau.



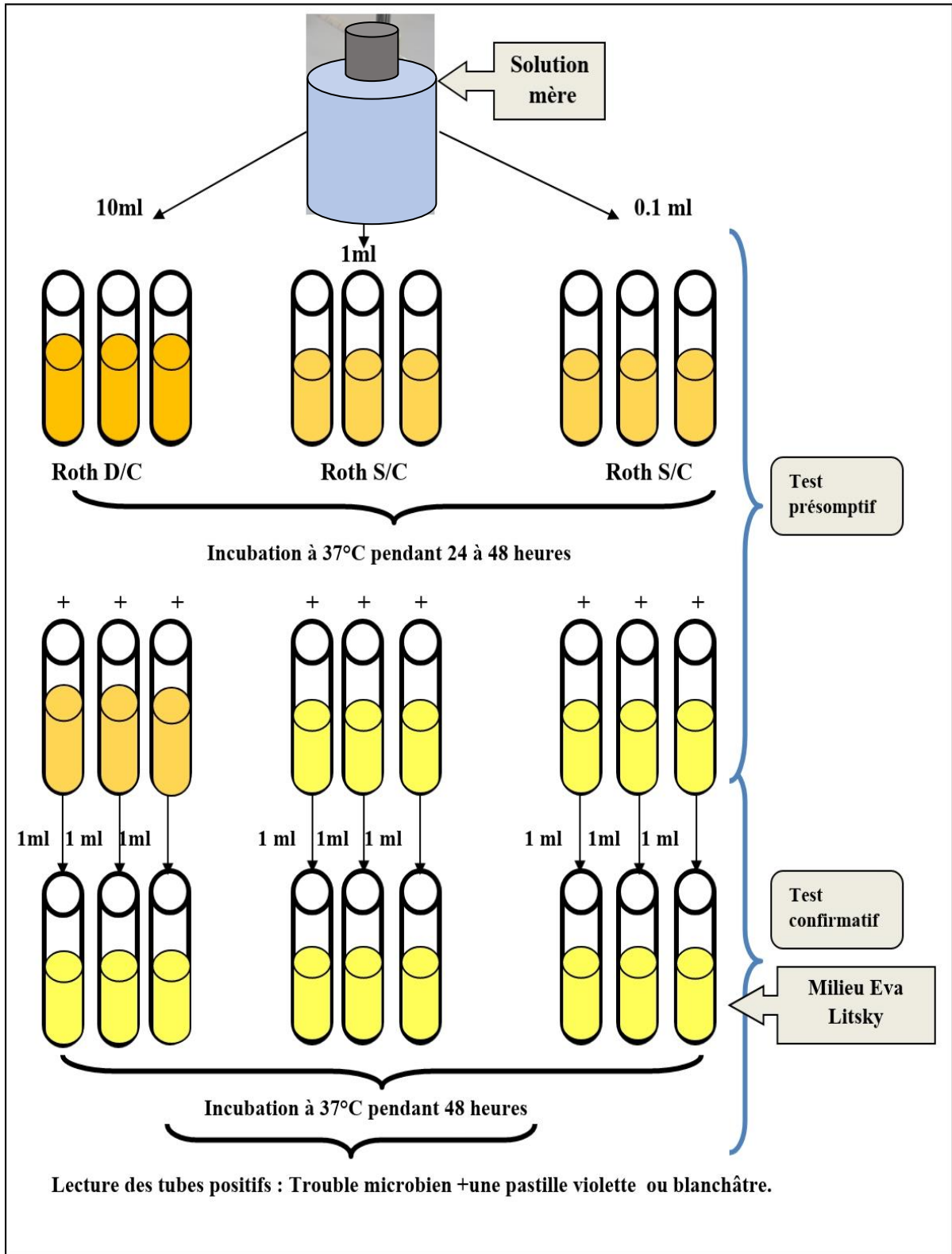
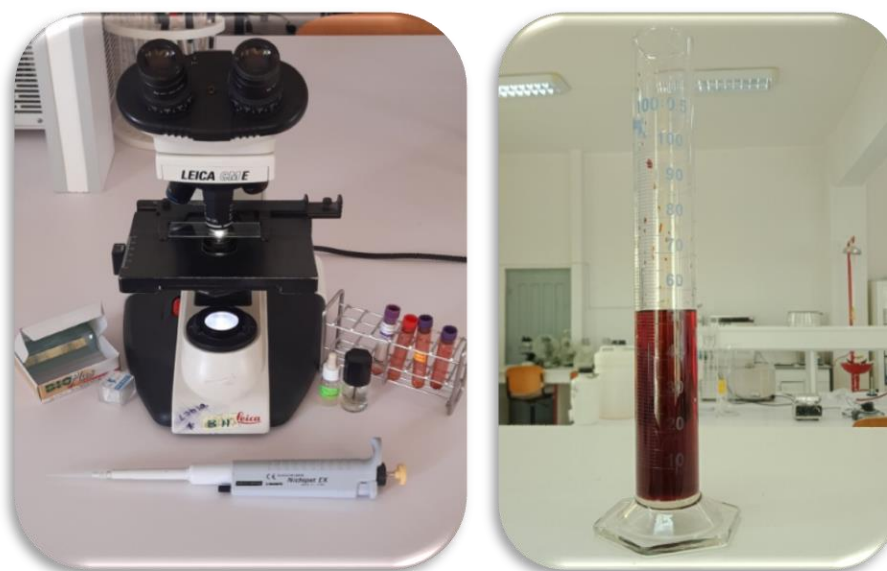


Figure 15: Protocole de la recherche des Streptocoques fécaux.

## 5. Analyse phytoplanctonique

Le mode opératoire des observations microscopiques est celui pratiqué au laboratoire. L'échantillon de phytoplancton est fixé sur le terrain à l'aide d'une solution de Lugol.

- Transférer le volume 50 ml dans une éprouvette pour la sédimentation.
- L'éprouvette remplie, doit être laissée à l'obscurité à température ambiante et dans un lieu sans vibration afin de permettre une sédimentation correcte de l'échantillon.
- A l'aide d'une micropipette prélever 20  $\mu$ l de l'échantillon à analyser.
- Placer entre lame et lamelle, éviter d'emprisonner des bulles d'air en ajoutant une goutte d'huile de cèdre.
- Les observations sont effectuées à l'aide d'un microscope optique muni d'un objectif x100 (LEICA).



**Figure 16:** Photos du matériel utilisé dans l'étude phytoplanctonique.



*Chapitre III :*  
**Résultats et discussion**

## Chapitre III : Résultats et discussion

### 1. Résultats des analyses physico-chimiques

Afin de caractériser notre site d'étude et d'appréhender les facteurs écologiques qui peuvent jouer un rôle sur le développement du phytoplancton et des bactéries, nous avons mesuré selon les méthodes décrites plus haut ces paramètres : potentiel d'hydrogène, salinité, conductivité électrique, température de l'eau, oxygène dissous et la TDS.

Les valeurs enregistrées des paramètres physico-chimiques ont été effectuées au cours des deux sorties durant la période qui s'étale d'Avril au Mai 2021 sont représentées dans le tableau suivant ci-dessous (Tab. 11). Les mesures physico-chimiques ont été faites sur place au niveau de la marre du Madjen BELAHRITI.

**Tableau 11:** Variations des paramètres physico-chimiques pendant la période d'étude.

<b>Echantillons</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>
<b>Paramètres</b>		
<b>Température (°C)</b>	17,3	20,9
<b>pH (potentiel Hydrogène)</b>	11,51	9,8
<b>Oxygène Dissous (mg/L)</b>	10,30	8,6
<b>Salinité (g/L)</b>	0,8	0,9
<b>Conductivité électrique (µs/cm)</b>	1692	1848
<b>TDS (mg/L)</b>	1692	1853

#### 1.1. La température

D'après **Ramade (2000)**, la température est une mesure momentanée en fonction du temps, de l'heure et du lieu de prélèvement. Elle agit comme un facteur écologique majeur dans les biotopes terrestre et aquatique.

La température de l'eau du Madjen BELAHRITI présente des variations bien visibles dans les deux mois allant de 17,3°C le mois d'Avril jusqu'à 20,9°C le mois de Mai (Fig. 17), elles montrent une augmentation de la température des eaux de station échantillonnée à la fin de la saison 2021 par rapport à celles mesurées au début de la saison de la même année. Elle

s'accorde avec la saison printanière qui a connu une amélioration et augmentation des températures. Elle est influencée par le changement climatique.

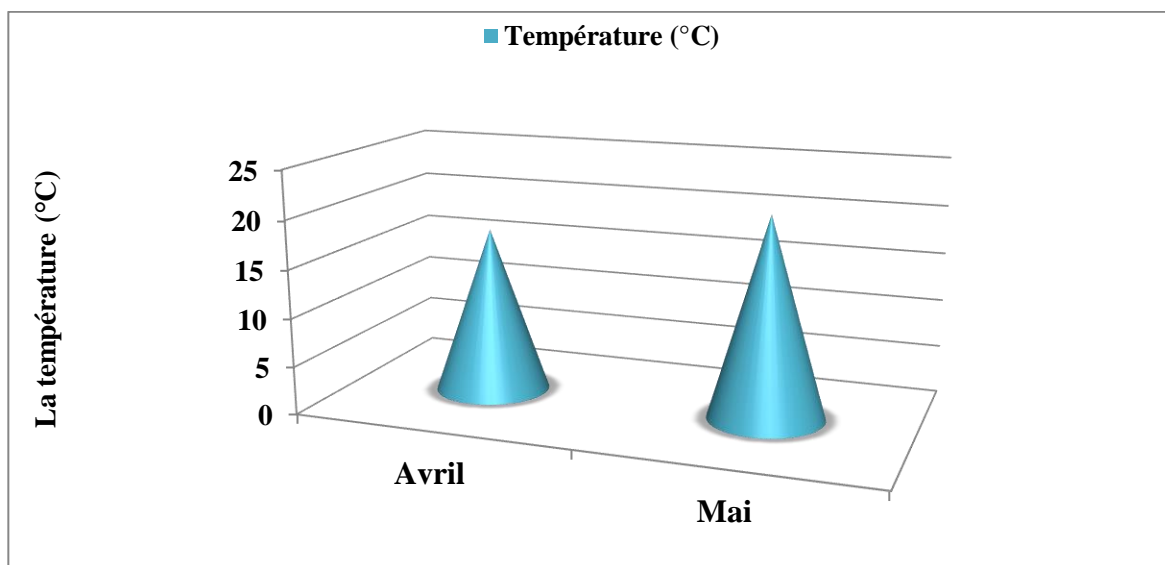


Figure 17: Variations de température de l'eau de Madjen BELAHRITI.

## 1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Parmi les paramètres importants dans l'étude des milieux aquatiques le pH. Une légère diminution du potentiel d'hydrogène de station d'étude de 11,51 dans le mois d'Avril à 9,8 en Mai (Fig. 18) indique que ses eaux sont de nature alcaline (Tab.02).

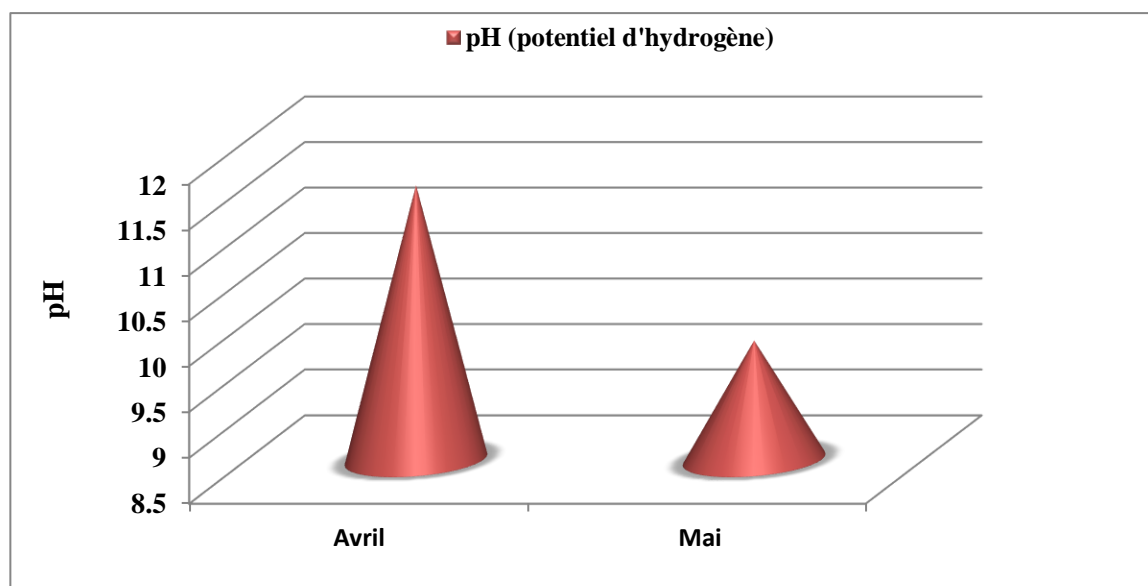


Figure 18: Variations du pH de l'eau de Madjen BELAHRITI.

### 1.3. L'oxygène dissous

L'oxygène est le moteur essentiel à la vie des organismes dans les écosystèmes aquatique, il assure l'oxydation de la matière organique. L'oxygène dissous (OD) est mesuré en nombre de milligrammes d'oxygène par litre d'eau (mg/L) ou en pourcentage de saturation.

Les mesures réalisées permettent de suivre régulièrement les variations des teneurs en oxygène dans la marre du Madjen BELAHRITI pendant la période d'étude. La lecture de nos résultats (Fig. 19) montre une valeur maximale égale à 10,30 mg/L en Avril et une valeur minimale de 8,6 mg/L à la saison printemps. Ceci est du a une biodiversité importante. On peut dire que ces eaux sont d'une qualité normale d'après (Tab. 04).

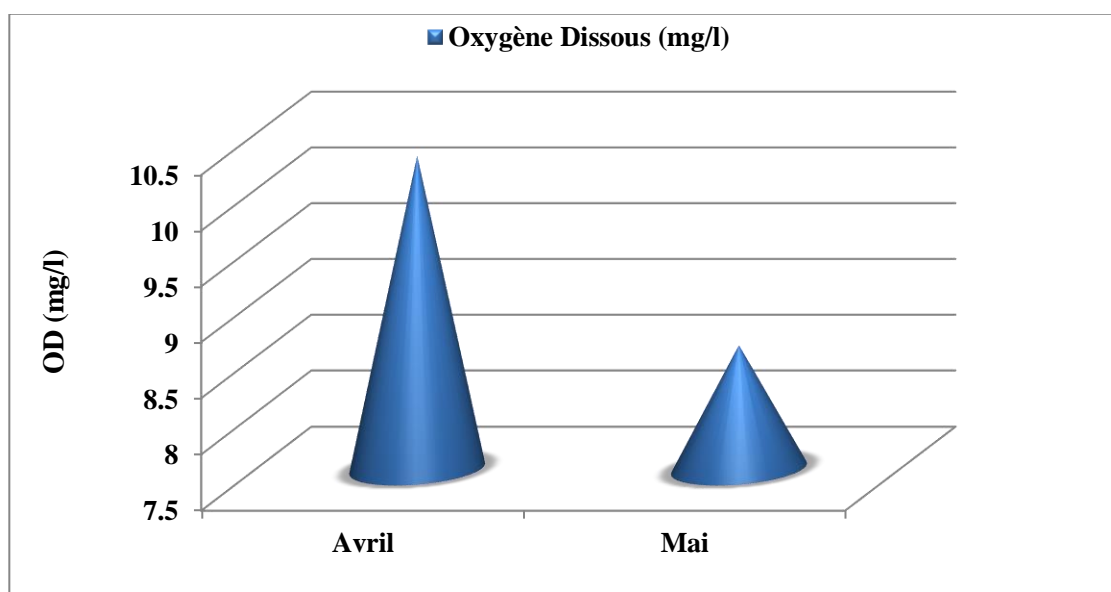
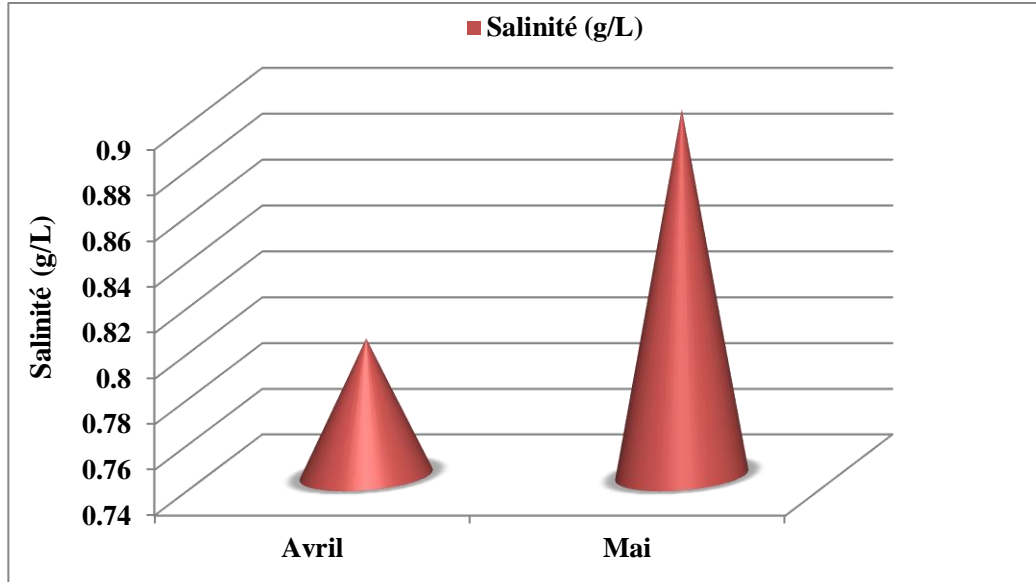


Figure 19: Variations des teneurs en oxygène dissous dans l'eau de Madjen BELAHRITI.

### 1.4. La salinité

L'eau est dite douce lorsque sa salinité est inférieure à 1 g/L (1000mg/L) (Kloppmann, Bourhane et Asfirane, 2011). On retrouve majoritairement les eaux douces sur les continents. On estime qu'uniquement 0.5% des ressources mondiales en eau douce est représentées par l'ensemble des lacs d'eau douce et des marais, des fleuves et rivières ainsi que l'humidité du sol (Niemeyer, 2009).

D'après les résultats (Fig. 20), La salinité du site d'étude est 0,8 g/L dans le mois d'Avril et 0,9 g/L dans le mois de Mai. Les valeurs du période d'étude sont inférieurs à 1 ( $< 1$ ), Donc l'eau de cette marre est douce, c'est le cas de la plupart des eaux de surface.

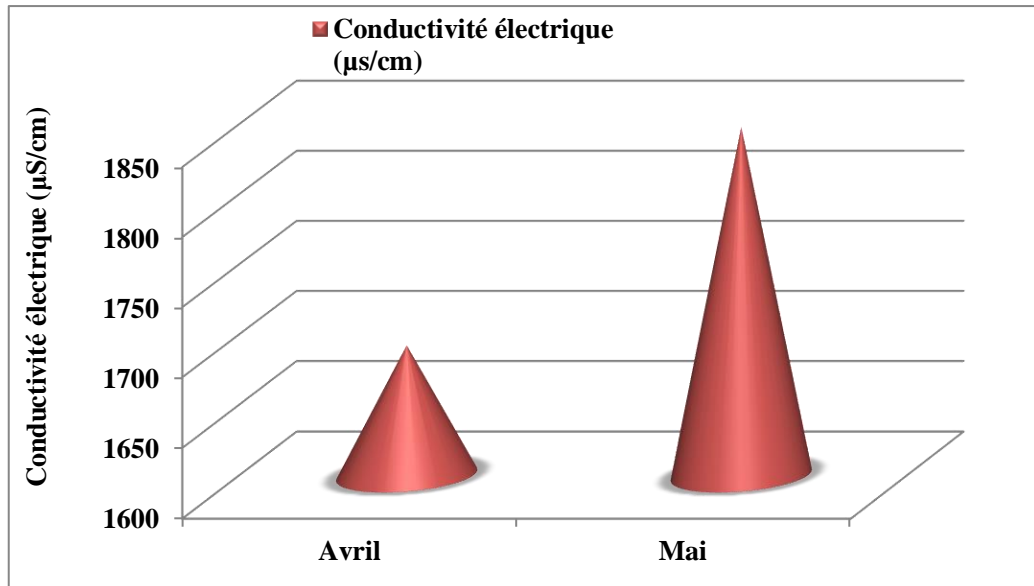


**Figure 20:** Variations de la salinité de l'eau de Madjen BELAHRITI.

### 1.5. La conductivité électrique

La conductivité, qui varie en fonction de la température, est étroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature (**Rodier et al., 2005**). D'une manière générale, plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (**Rejsek, 2002**), qui peut entraîner selon le cas un goût salé variable selon la nature des sels présents (**Potelon, 1998**).

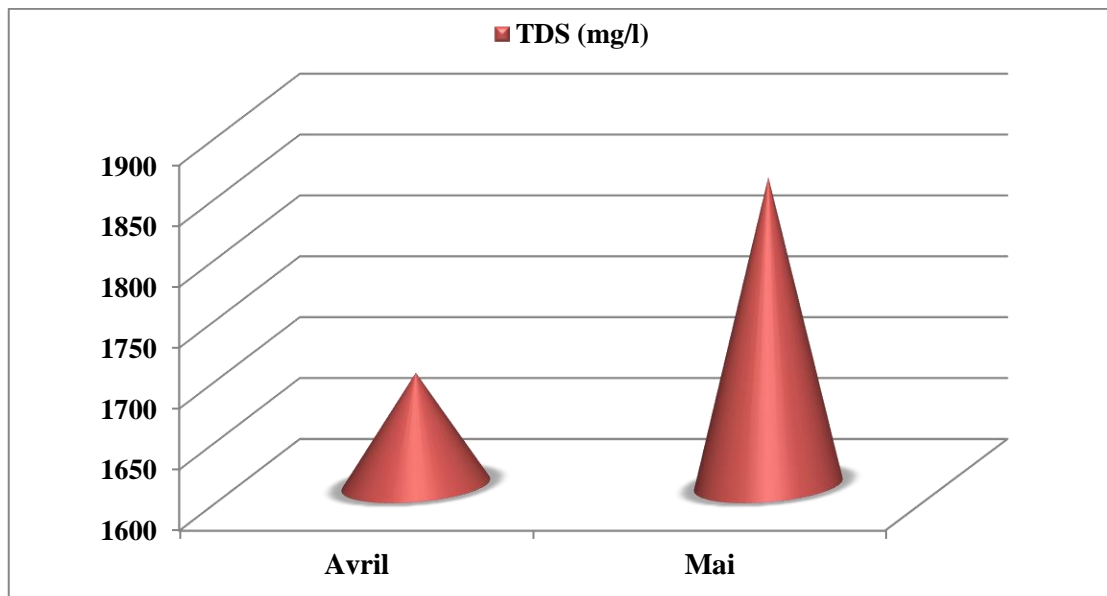
La conductivité électrique de Madjen BELAHRITI indique que la charge ionique des eaux est un peu élevée. D'après (Fig. 21), La valeur minimale enregistrée de la conductivité est 1692  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au mois d'Avril, et la valeur maximale instantanée est 1848  $\mu\text{S}/\text{cm}$  est enregistrée au mois de Mai. Ce qui signifie une minéralisation élevée et la qualité de l'eau est médiocre (Tab.03).



**Figure 21:** Variations de la conductivité électrique de l'eau de Madjen BELAHRITI.

#### 1.6. Taux des sels dissous (TDS)

Grâce aux résultats de mesure que nous avons effectués sur le site et présentés ci-dessous (fig.22), nous pouvons constater que la valeur de TDS du mois de Mai 1853 mg/l est supérieure à celle du mois d'Avril 1692 mg/l. Ces données de TDS du site d'étude sont élevées. On peut se les expliquer par le lessivage des sols des terrains agricoles à côté du Mare qui utilise certainement des produits phytosanitaires.



**Figure 22:** Variations du TDS dans l'eau de Madjen BELAHRITI.



## 2. Résultats d'analyse bactériologique

Dans les milieux aquatiques, les micro-organismes tel que les bactéries, les moisissures, jouent un rôle important dans l'évolution de la qualité de l'eau. En dehors de toutes agressions, leur nombre est naturellement faible, mais peut être modifié sous l'influence de plusieurs facteurs tels que la température, l'enrichissement du milieu en substances nutritives...etc. (Bouchaala, 2010).

Cette analyse bactériologique effectuée au niveau du laboratoire pédagogique de l'université 08 mai 1945 de Guelma, pour la recherche systématique et le dénombrement des germes totaux (flore mésophile totale ou germes revivifiables) et germes indicateurs de la pollution fécale qui sont :

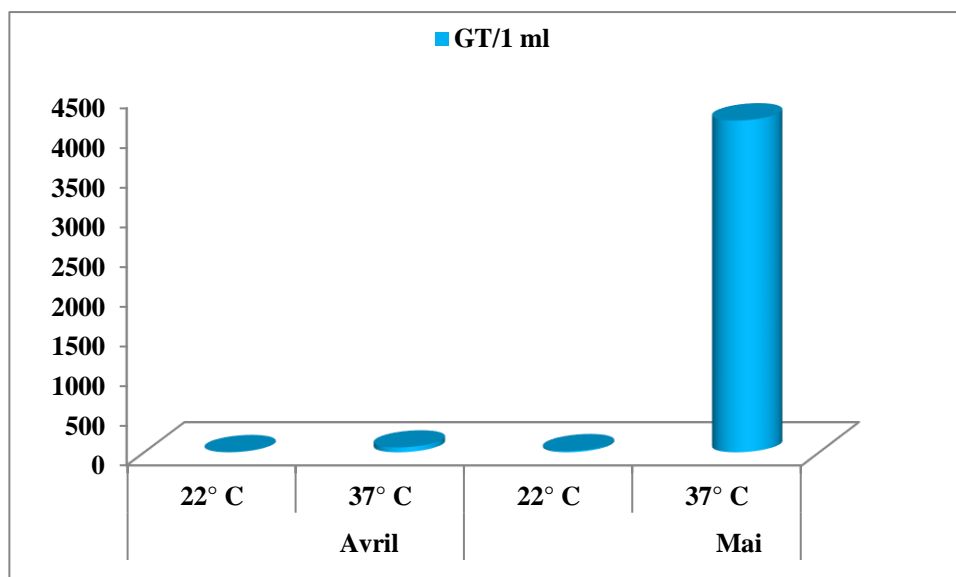
- Les coliformes totaux.
- Les coliformes fécaux (thermotolérants).
- Les streptocoques fécaux.
- Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (les spores de Clostridium sulfito-réducteurs).

Les résultats sont exprimés en nombre de colonies de bactérie/ml ou unités formatrices de colonies (UFC)/ml.

### 2.1. Résultats de recherche et dénombrement des germes totaux

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique.

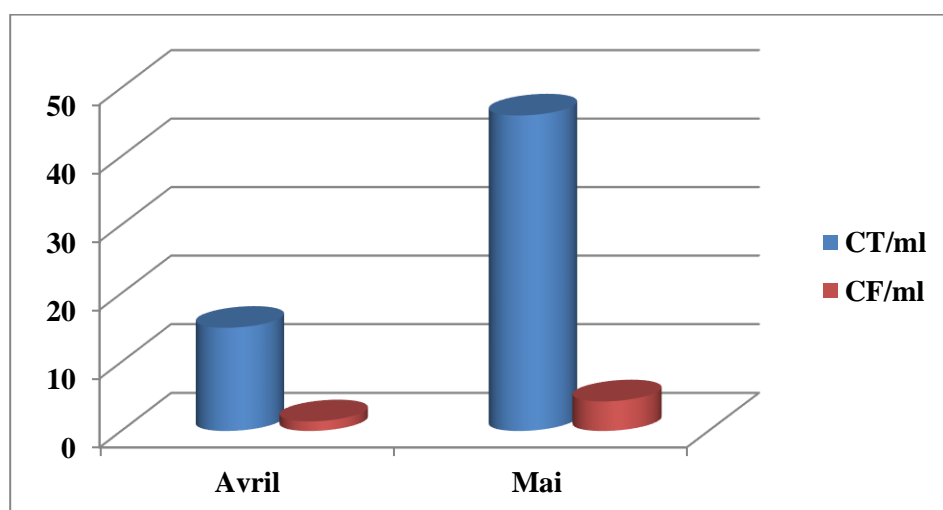
Nos résultats ont montrés le nombre des germes totaux incubés en moi d'avril est plus faibles que le nombre enregistré en moi de mai, soit à 37°C ou à 22°C (fig. 23), cela peut s'expliqué par l'influence de la température sur la croissance de ces microorganismes.



**Figure 23:** Variations du nombre des germes totaux à 22 et à 37 °C dans l'eau de Madjen BELAHRITI

## 2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes fécaux

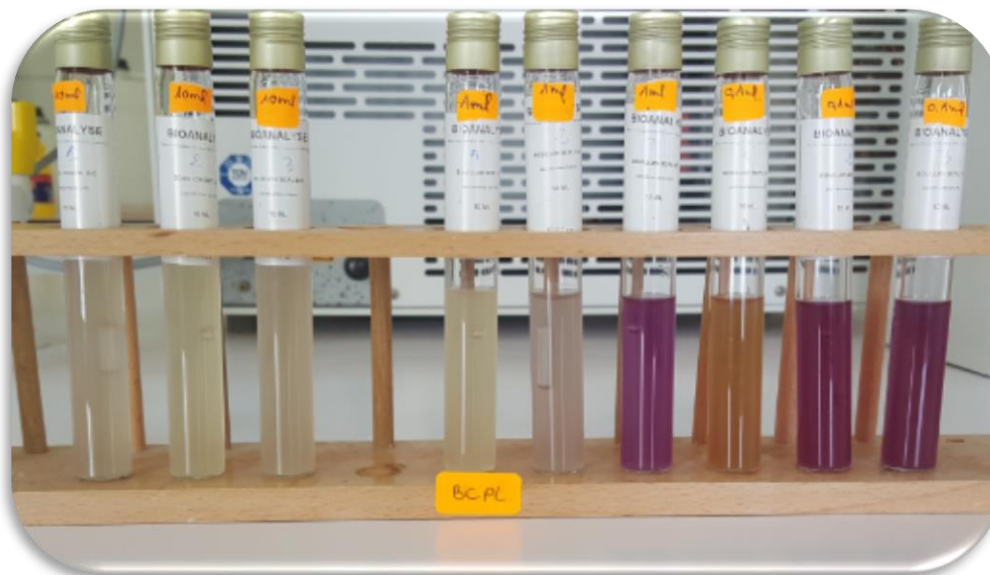
Le nombre des coliformes totaux dans l'eau de Madjen BELAHRITI varie de 15 CT/ml en avril à 46 CT/ml en mai (Fig. 24), et le nombre des coliformes fécaux varie de la même manière, où la valeur la plus élevée a été enregistrée en mai, atteignant 4,3 CF/ml, tandis que la valeur la plus faible était enregistrée en avril, soit 1,4 CF/ml.



**Figure 24:** Variations du nombre des coliformes dans l'eau de Madjen BELAHRITI.

Ces changements peuvent être dus principalement à l'augmentation de la température de l'eau, qui à son tour change en fonction du climat dominant dans la région, et est donc étroitement et directement liée à la température.

La présence des coliformes totaux et fécaux dans l'échantillon confirme selon les normes algériennes de potabilité la présence d'une contamination fécale récente, car les coliformes se retrouvent dans les intestins et les excréments des animaux à sang chaud.



**Figure 25:** Photo montre le résultat du test de BCPL après incubation.

### 2.3. Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfite -réductrices

Nous avons noté une absence totale des bactéries anaérobies sulfite-réductrices durant les deux prélèvements qui sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne.

**Tableau 12:** Résultats de la recherche et dénombrement des spores des Anaérobies sulfite -réductrices.

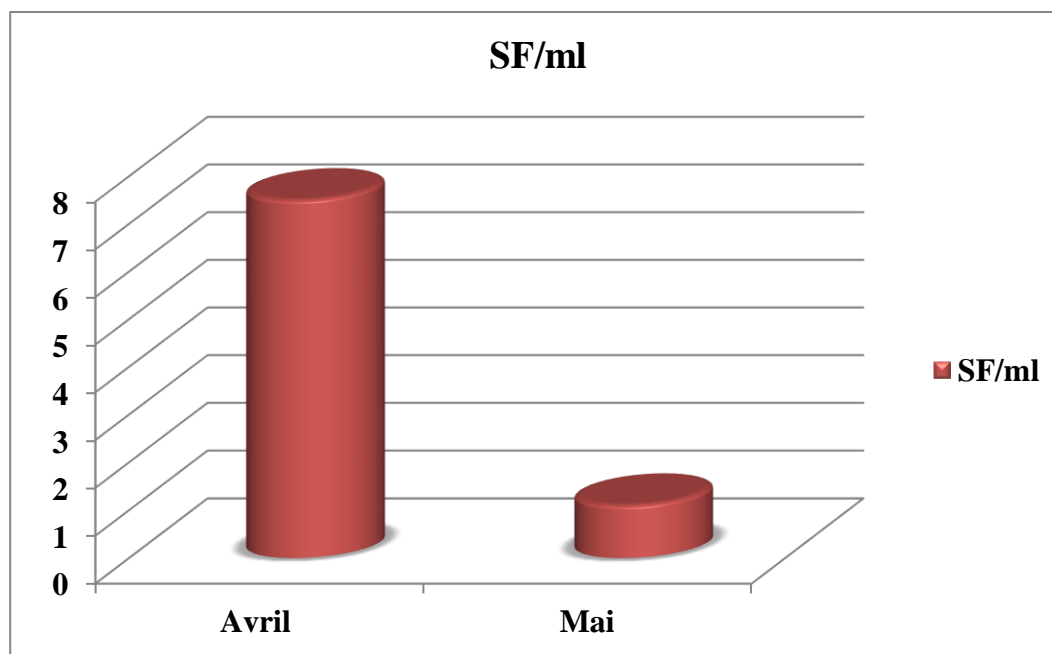
Mois de prélèvement	Résultats
Avril	Négatifs
Mai	Négatifs



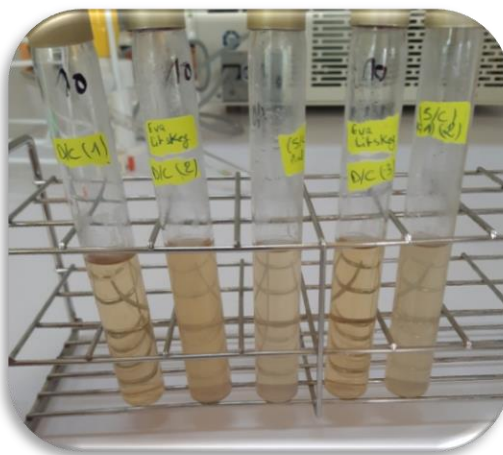
**Figure 26:** Photo représente les résultats de milieu VF après incubation.

#### 2.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Notre étude a montré que la valeur le plus élevé Streptocoques fécaux est observée dans le mois d'avril où elle a atteint de 7,50 SF/ml. Le nombre de ces germes a diminué à 1,1 SF/ml, enregistré au mois de mai (Fig. 27).



**Figure 27:** Variations du nombre des Streptocoques fécaux dans l'eau de Madjen BELAHRITI.



**Figure 28:** Photo représente les résultats du test confirmatif d'Eva Litsky.

### 2.5. L'origine de la pollution fécale

L'origine de la pollution fécale est calculée par le rapport « coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux » (CF/SF) (Tab.07). Ce rapport varie en fonction des mois et en fonction de nombre des germes. Nos résultats (Tab. 13) font apparaitre une pollution d'origine principalement animale au mois d'Avril et une origine mixte à prédominance humaine au mois de mai, Cela est peut-être dû au début des excursions touristiques ce mois-ci et à la visite de cette région.

**Tableau 13:** Le rapport (CF/SF) dans l'eau de Madjen BELAHRITI.

Mois	Rapport (CF/SF)	Origine de la pollution
Avril	0.18	Origine principalement animale
Mail	3.90	Origine mixte à prédominance humaine

### 3. Résultats d'analyse phytoplanctonique

#### 3.1. Inventaire qualitative et taxonomique des espèces phytoplanctoniques

A la fin de l'examen microscopique de nos échantillons d'eau prélevés, l'observation des caractères morphologiques (taille, formes, couleur...etc.) et anatomique (disposition des chloroplastes, flagelles...etc.) du phytoplancton récolté dans l'eau de Madjen BELAHRITI nous ont permis d'inventorier et identifier 54 espèces phytoplanctoniques au niveau de cette mare. Ces espèces appartiennent aux 06 classes : Les chlorophycées, les cyanophycées, les bacillariophycées, les xanthophycées, les dinophycées et les euglénophycées. L'identification a été conduite jusqu'à l'espèce en général. Cependant, la rareté des certains échantillons et l'absence des bibliographies spécialisées n'ont pas permis la détermination spécifique de certaines espèces.

Pour que cette recherche soit utile, un inventaire systématique aussi rigoureux que possible devait être établi. Ainsi nous avons donc dû en premier temps, de mettre en évidence la distribution spatiale des espèces dans le site d'étude (Tab. 14), ensuite cerner la classe taxinomique auquel il appartient, la description des formes, les dimensions et des structures cellulaires, avec leurs photos, d'après la classification proposée par Bourrelly.

**Tableau 14:** Inventaire qualitative et taxonomique des espèces phytoplanctoniques (La case en vert = espèces présentes, la case en blanc = espèces absentes).

classe	Genre	Espèce	Avril	Mai
Cyanophyceae	<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena speroides</i>		
	<i>Chroococcus</i>	<i>Chroococcus limneticus</i>		
		<i>Chroococcus lithophilus</i>		
	<i>Cyanothece</i>	<i>Cyanothece aeruginosa</i>		
	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>		
			<i>Oscillatoria margaritifera</i>	

Tableau 14: (Suite)

	<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria subbrevis</i>		
		<i>Oscillatoria tenuis</i>		
	<i>Pseudoarabaena</i>	<i>Pseudoarabaena catenata</i>		
Chlorophyceae	<i>Carteria</i>	<i>Carteria fritschii</i>		
	<i>Chlamydomonas</i>	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>		
	<i>Chlorella</i>	<i>Chlorella vulgaris</i>		
	<i>Closterium</i>	<i>Closterium acerosum</i>		
		<i>Closterium acutum</i>		
		<i>Closterium cynthia</i>		
		<i>Closterium moniliferum</i>		
	<i>Cosmarium</i>	<i>Closterium parvulum</i>		
		<i>Cosmarium botrytis</i>		
		<i>Cosmarium quadratulum</i>		
		<i>Cosmarium sp</i>		
		<i>Cosmarium venustum</i>		
	<i>Haematococcus</i>	<i>Haematococcus pluvialis</i>		
	<i>Oocystis</i>	<i>Oocystis borgei</i>		
		<i>Oocystis elliptica</i>		
		<i>Oocystis sp</i>		
	<i>Tetraedron</i>	<i>Tetraedron minimum</i>		
<i>Westella</i>	<i>Westella group</i>			

Tableau 14: (Suite)

Xantho-phyceae	<i>Tribonema</i>	<i>Tribonema fonticulum</i>		
Bacillariophyceae (Diatomhceae)	<i>Amphora</i>	<i>Amphora ovalis</i>		
	<i>Aulacoseira</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>		
	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis placentula</i>		
		<i>Cocconeis scutellum</i>		
	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella affinis</i>		
		<i>Cymbella frustule</i>		
	<i>Diatoma</i>	<i>Diatoma vulgare</i>		
	<i>Epithemia</i>	<i>Epithemia sorex</i>		
	<i>Fristilia</i>	<i>Frustulia vulgaris</i>		
	<i>Gomphoneis</i>	<i>Gomphoneis minuta</i>		
	<i>Navicula</i>	<i>Navicula cryptocephala</i>		
		<i>Navicula sp</i>		
	<i>Neidium</i>	<i>Neidium densestriatum</i>		
	<i>Plagiolemma</i>	<i>Plagiolemma distortum</i>		
	<i>Pseudo-Nitzschia</i>	<i>Pseudo-nitzschia multiseriis</i>		
	<i>Synedra</i>	<i>Synedra ulna</i>		



Tableau 14: (Suite)

	<i>Triceratium</i>	<i>Triceratium alternans</i>		
Dinophyceae	<i>Ceratium</i>	<i>Ceratium fusus</i>		
	<i>Cryptomonas</i>	<i>Cryptomonas ovata</i>		
	<i>Mallomonas</i>	<i>Mallomonas acaroides</i>		
		<i>Mallomonas caudata</i>		
		<i>Mallomonas papillosa</i>		
	<i>Prorocentrum</i>	<i>Prorocentrum compressum</i>		
Euglenophyceae	<i>Phacus</i>	<i>Phacus parvulus</i>		
	<i>Trachelomonas</i>	<i>Trachelomonas armata</i>		
		<i>Trachelomonas volvocina</i>		

Les deux prélèvements réalisés pendant la période printanière à la mare Madjen BELAHRITI ont permis de décrire une variété des taxons des phytoplanctons dans le site étudié.

Le tableau suite montre l'Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques répertoriées dans les eaux du Madjen BELAHRITI:

**Tableau 15:** Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques répertoriées dans les eaux du Madjen BELAHRITI (X100).



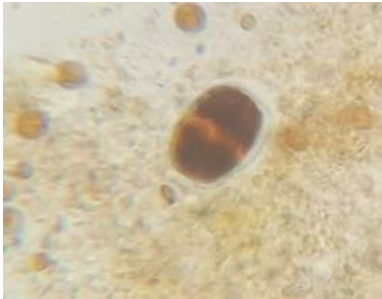
Taxonomies / caractéristiques	Aspect microscopique
<b>Classe : Cyanophyceae</b>	
<p><b>Ordre :</b> Nostocales  <b>Famille :</b> Nostocaceae  <b>Genre :</b> Anabaena            Cellules triangulaires (structure filamenteuse) avec un hétérocyste rond de 6µm de diamètre.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Anabaena speroides</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Chroococcales  <b>Famille :</b> Chroococcaceae  <b>Genre :</b> Chroococcus            Colonie de 2-4 cellules, recouverte d'une gaine gélatineuse en couches ; corps cellulaire de 8 à 32 µm de diamètre (sans la gaine), de 13 à 40 µm de diamètre.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Chroococcus limneticus</i></p> 
	<p style="text-align: center;"><i>Chroococcus lithophilus</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Chroococcales  <b>Famille:</b> Microcystaceae  <b>Genre :</b> Microcystis</p>	<p style="text-align: center;"><i>Microcystis aeruginosa</i></p>

Tableau 15: (Suite)

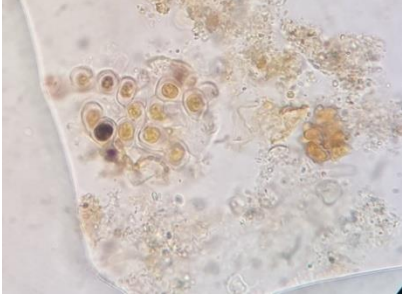


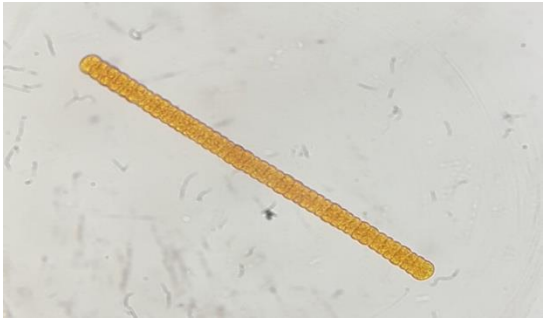
	
<p><b>Ordre :</b> Oscillatoriales  <b>Famille :</b> Oscillatoriaceae  <b>Genre :</b> Oscillatoria          Micro-algues filamenteuses.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Oscillatoria margaritifera</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Oscillatoria subbrevis</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Oscillatoria tenuis</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Oscillatoriales</p>	<p style="text-align: center;"><i>Cyanothece aeruginosa</i></p>

Tableau 15: (Suite)





<p><b>Famille :</b> Cyanothecaceae</p> <p><b>Genre :</b> Cyanothece</p>	
<p><b>Ordre:</b> Synechococcales</p> <p><b>Famille:</b> Pseudanabaenaceae</p> <p><b>Genre:</b> Pseudanabaena</p>	<p><i>Pseudanabaena catenata</i></p> 
<p><b>Classe :</b> Chlorophyceae</p>	
<p><b>Ordre :</b> Chlamydomonadales</p> <p><b>Famille :</b> Chlamydomonadaceae</p> <p><b>Genre :</b> Chlamydomonas</p> <p>Les cellules sont sphériques, ovoïdes ou ellipsoïdales, avec une paroi cellulaire, deux flagelles égaux au pôle antérieur.</p>	<p><i>Chlamydomonas reinhardtii</i></p> 
<p><b>Ordre:</b> Chlamydomonadales</p> <p><b>Famille:</b> Chlamydomonadaceae</p> <p><b>Genre:</b> Carteria</p>	<p><i>Carteria fritschii</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Chlamydomonadales</p> <p><b>Famille:</b> Chlamydomonadaceae</p> <p><b>Genre:</b> Haematococcus</p>	<p><i>Haematococcus pluvialis</i></p>

Tableau 15: (Suite)


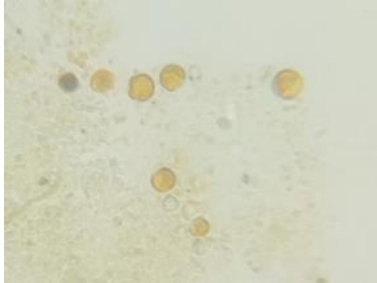

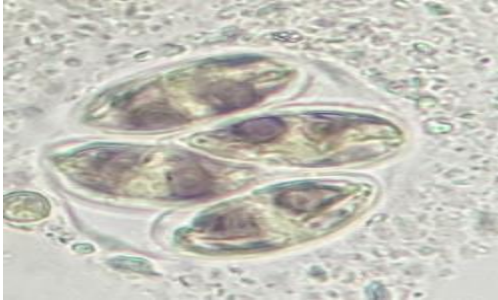
	
<p><b>Ordre:</b> Chlorellales  <b>Famille:</b> Chlorellaceae  <b>Genre:</b> Chlorella  microalgue unicellulaire de couleur verte, présente principalement dans les eaux douces. De forme sphérique et d'environ 5µm de diamètre.</p>	<p><b><i>Chlorella vulgaris</i></b></p> 
<p><b>Ordre :</b> Chlorococcales  <b>Famille :</b> Oocystaceae  <b>Genre :</b> Oocystis  Colonie de 2 à 8 cellules entourées par la paroi cellulaire de leur cellule mère, aux deux extrémités légèrement pointues et à la paroi cellulaire épaisse; 1-3 chloroplastes en forme de plaque pariétale, avec une seule pyrénoïde</p>	<p><b><i>Oocystis sp</i></b></p> 
	<p><b><i>Oocystis borgei</i></b></p> 

Tableau 15: (Suite)

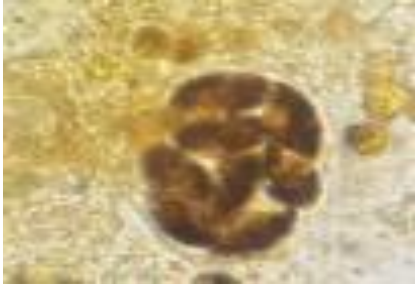



	<p style="text-align: center;"><i>Oocystis elliptica</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Clostridiales  <b>Famille :</b> Clostridiaceae  <b>Genre :</b> Closterium                  Corps cellulaire rapidement atténué vers les deux extrémités, chaque partie étendue plus longue que la partie centrale en forme de fuseau ; paroi cellulaire transparente ou légèrement jaunâtre, finement striée</p>	<p style="text-align: center;"><i>Closterium acerosum</i></p> 
	<p style="text-align: center;"><i>Closterium acutum</i></p> 
	<p style="text-align: center;"><i>Closterium cynthia</i></p> 

Tableau 15: (Suite)





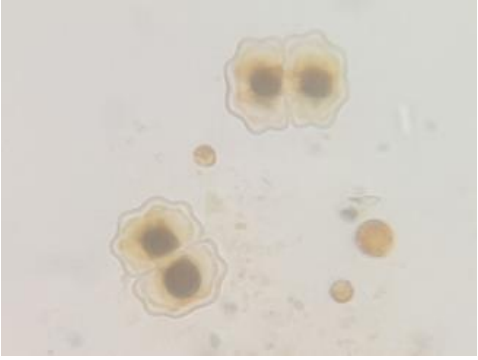


	<p style="text-align: center;"><i>Closterium moniliferum</i></p> 
	<p style="text-align: center;"><i>Closterium parvulum</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Desmidiaceae</p> <p><b>Famille :</b> Desmidiaceae</p> <p><b>Genre :</b> Cosmarium</p> <p>Corps cellulaire de forme variable; une constriction au centre du corps cellulaire; généralement plus long que large; aplati; chaque demi-cellule hémisphérique, sphérique, ellipsoïdale, rectangulaire, pyramidale ou en forme de rein; pas d'indentation apicale</p>	<p style="text-align: center;"><i>Cosmarium botrytis</i></p> 
	<p style="text-align: center;"><i>Cosmarium quadratum</i></p> 

Tableau 15: (Suite)

	<p style="text-align: center;"><i>Cosmarium sp</i></p> 
	<p style="text-align: center;"><i>Cosmarium venustum</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Sphaeropleales</p> <p><b>Famille :</b> Hydrodictyaceae</p> <p><b>Genre :</b> Tetraedron</p> <p>Cellules solitaires et flottantes, aplaties ou triangulaires, quadrangulaires ou polygonales. vieilles cellules presque globuleuses à une paroi cellulaire relativement mince, finement granulée.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Tetraedron minimum</i></p> 



**Tableau 15:** (Suite)

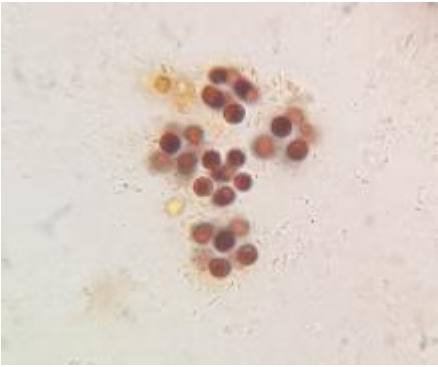

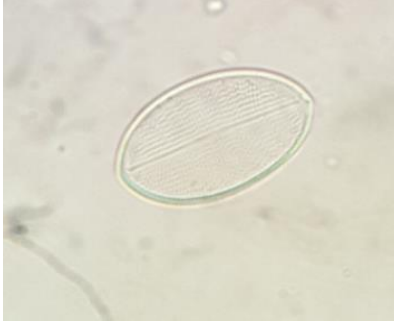
<p><b>Ordre :</b> Sphaeropleales  <b>Famille :</b> Scenedesmaceae  <b>Genre :</b> Westella</p>	<p style="text-align: center;"><b><i>Westella group</i></b></p> 
<p><b>Classe :</b> Xanthophyceae</p>	
<p><b>Ordre:</b> Tribonematales  <b>Famille:</b> Tribonemataceae  <b>Genre :</b> Tribonema</p>	<p style="text-align: center;"><b><i>Tribonema fonticolum</i></b></p> 
<p><b>Classe :</b> Bacillariophyceae</p>	
<p><b>Ordre :</b> Achnanthes  <b>Famille :</b> Cocconeidaceae  <b>Genre :</b> Cocconeis</p>	<p style="text-align: center;"><b><i>Cocconeis placentula</i></b></p> 
	<p style="text-align: center;"><b><i>Cocconeis scutellum</i></b></p>

Tableau 15: (Suite)


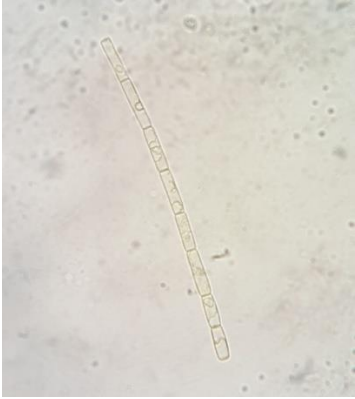
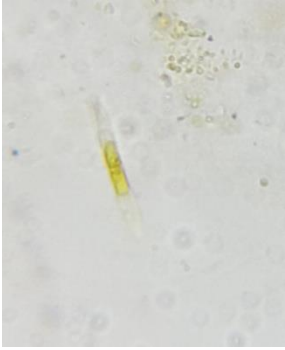

	
<p><b>Ordre :</b> Aulacoseirales  <b>Famille :</b> Aulacoseiraceae  <b>Genre :</b> Aulacoseira</p>	<p><i>Aulacoseira granulata</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Bacillariales  <b>Famille :</b> Bacillariaceae  <b>Genre :</b> Pseudo-Nitzschia</p>	<p><i>Pseudo-nitzschia multiseriis</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Cymbellales  <b>Famille :</b> Cymbellaceae  <b>Genre :</b> Cymbella</p>	<p><i>Cymbella affinis</i></p> 

Tableau 15: (Suite)





	<p style="text-align: center;"><b><i>Cymbella frustule</i></b></p> 
<p><b>Ordre:</b> Cymbellales  <b>Famille:</b> Gomphonemataceae  <b>Genre:</b> Gomphoneis</p>	<p style="text-align: center;"><b><i>Gomphoneis minuta</i></b></p> 
<p><b>Ordre :</b> Fragilariales  <b>Famille :</b> Flagilariaceae  <b>Genre :</b> Synedra      Présente sous forme des cellules isolées ou attachées à des supports en forment des colonies étoilées.</p>	<p style="text-align: center;"><b><i>Synedra ulna</i></b></p> 
<p><b>Ordre :</b> Naviculales  <b>Famille :</b> Amphipleuraceae  <b>Genre :</b> Frustulia</p>	<p style="text-align: center;"><b><i>Frustulia vulgaris</i></b></p> 

Tableau 15: (Suite)



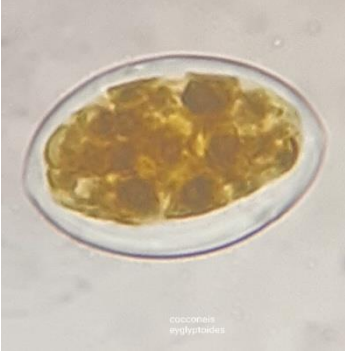
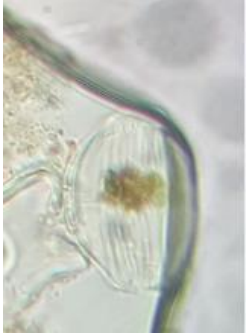



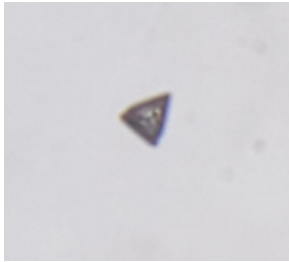
<p><b>Ordre :</b> Naviculales <b>Famille :</b> Naviculaceae <b>Genre :</b> Navicula</p>	<p><i>Navicula cryptocephala</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Naviculales <b>Famille :</b> Neidiaceae <b>Genre :</b> Neidium</p>	<p><i>Neidium densestriatum</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Naviculales <b>Famille :</b> Plagiotropidaceae <b>Genre :</b> Plagiolemma</p>	<p><i>Plagiolemma distortum</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Rhopalodiales <b>Famille :</b> Rhopalodiaceae <b>Genre :</b> Epithemia</p>	<p><i>Epithemia sorex</i></p> 

Tableau 15: (Suite)

<p><b>Ordre :</b> Tabellariales  <b>Famille :</b> Tabellariaceae  <b>Genre :</b> Diatoma</p>	<p style="text-align: center;"><i>Diatoma vulgare</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Thalassiophysales  <b>Famille :</b> Catenulaceae  <b>Genre :</b> Amphora</p>	<p style="text-align: center;"><i>Amphora ovalis</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Naviculales  <b>Famille :</b> Naviculaceae  <b>Genre :</b> Navicula</p>	<p style="text-align: center;"><i>Navicula sp</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Triceratiales  <b>Famille :</b> Triceratiaceae  <b>Genre :</b> Triceratium</p>	<p style="text-align: center;"><i>Triceratium alternans</i></p> 
<p><b>Classe :</b> Dinophyceae</p>	

**Tableau 15:** (Suite)


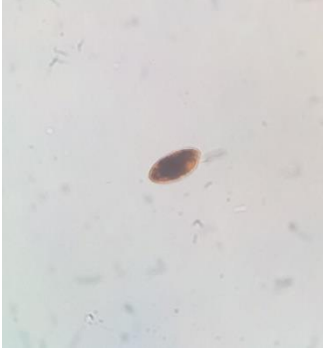


<p><b>Ordre :</b> Gonyaulacales  <b>Famille :</b> Ceratiaceae  <b>Genre :</b> Ceratium</p>	<p style="text-align: center;"><i>Ceratium fusus</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Cryptomonadales  <b>Famille :</b> Cryptomonadaceae  <b>Genre :</b> Cryptomonas</p>	<p style="text-align: center;"><i>Cryptomonas ovata</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Prorocentrales  <b>Famille :</b> Prorocentraceae  <b>Genre :</b> Prorocentrum</p>	<p style="text-align: center;"><i>Prorocentrum compressum</i></p> 
<p><b>Ordre :</b> Synurales  <b>Famille :</b> Mallomonadaceae  <b>Genre :</b> Mallomonas</p>	<p style="text-align: center;"><i>Mallomonas acaroides</i></p> 

Tableau 15: (Suite)

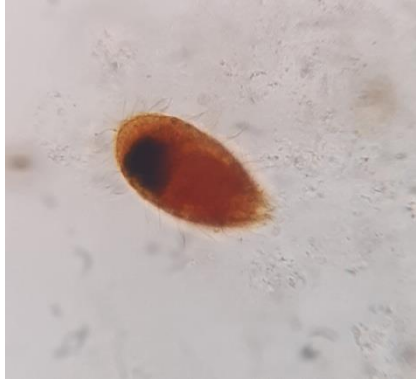


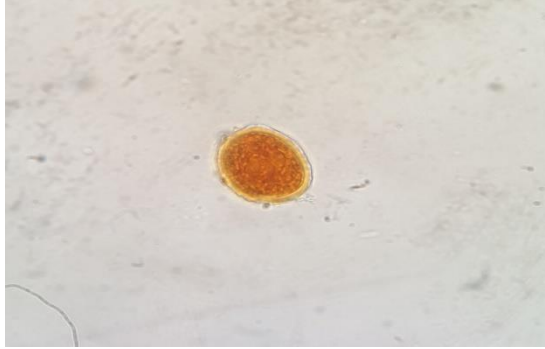
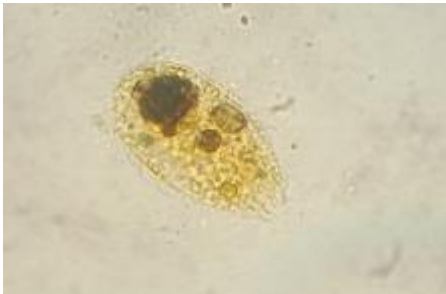
	<p style="text-align: center;"><i>Mallomonas caudata</i></p> 
	<p style="text-align: center;"><i>Mallomonas papillosa</i></p> 
<p><b>Classe : Euglenophyceae</b></p>	
<p><b>Ordre :</b> Euglenales  <b>Famille :</b> Euglenaceae  <b>Genre :</b> Trachelomonas</p>	<p style="text-align: center;"><i>Trachelomonas armata</i></p> 
	<p><i>Trachelomonas volvocina</i></p>

Tableau 15: (Suite)

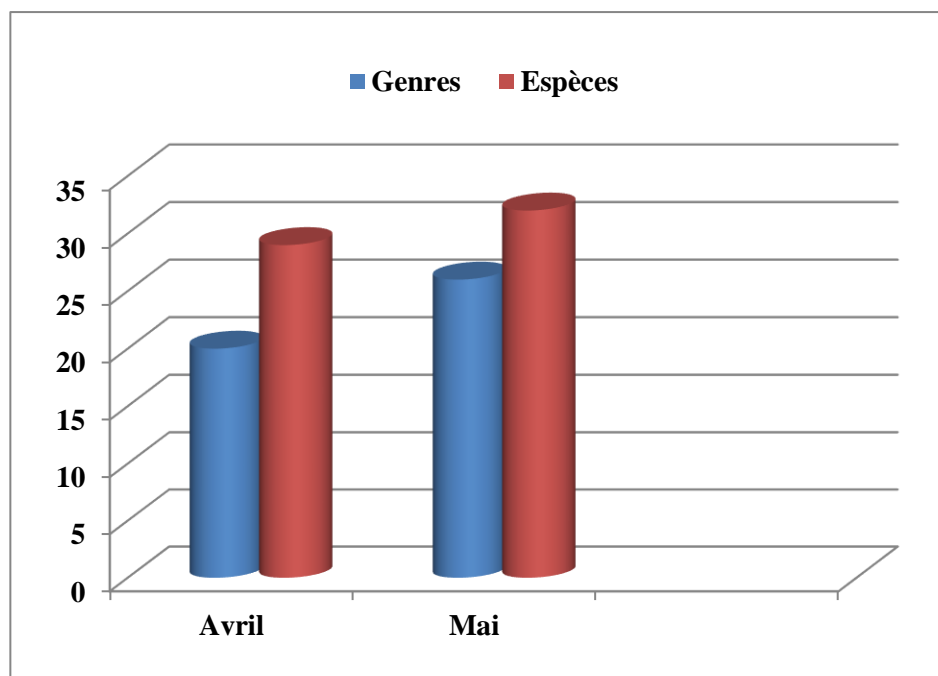
	
<p><b>Ordre :</b> Euglenales  <b>Famille :</b> Phacaceae  <b>Genre :</b> Phacus</p>	<p style="text-align: center;"><i>Phacus parvulus</i></p> 

### 3.2. Richesse spécifique totale de la population phytoplanctonique

Cette étude phytoplanctonique de la mare du Madjen BELAHRITI prospectée dans les deux mois Avril et Mai 2021, affirme l'existence d'une richesse taxinomique importante. Parmi les taxons qui ont pu être identifiés, nous avons identifiés dans les deux mois de prélèvements, 54 taxons phytoplanctoniques, regroupant au totale 6 classes, avec une richesse spécifique de 29 espèces et 20 genres a été recensée au mois d'Avril, et une richesse de 32 espèces et 26 genres au mois de Mai (Fig. 29).

La comparaison de la richesse spécifique des deux prélèvements, permet de vérifier que les résultats obtenus sont sensiblement différente, la richesse phytoplanctonique dans le mois de Mai et supérieure à celle de mois d'Avril.

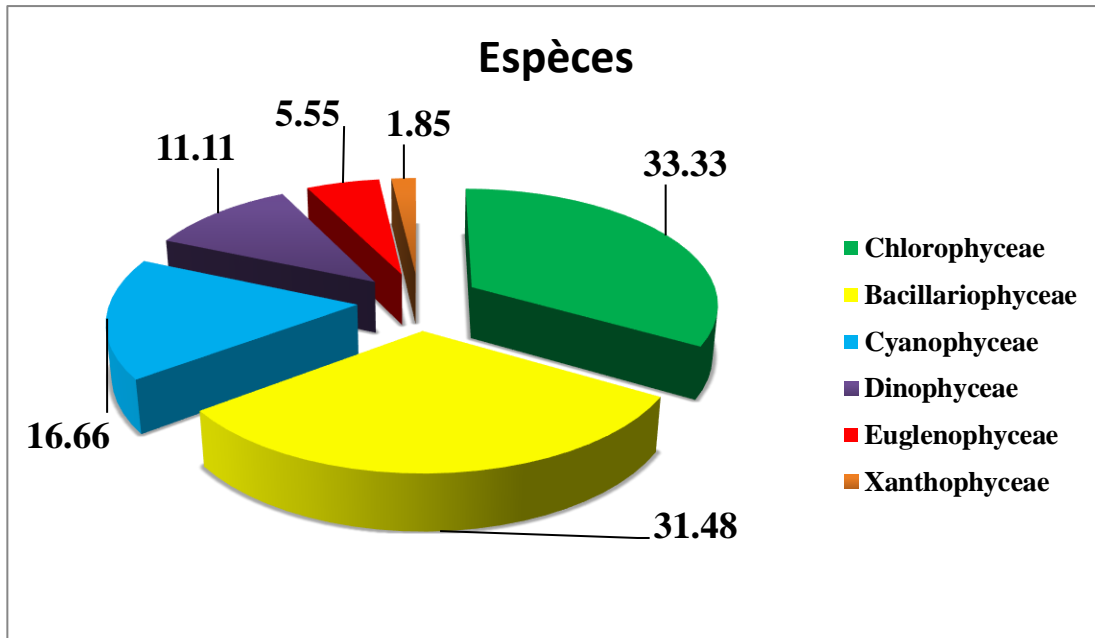




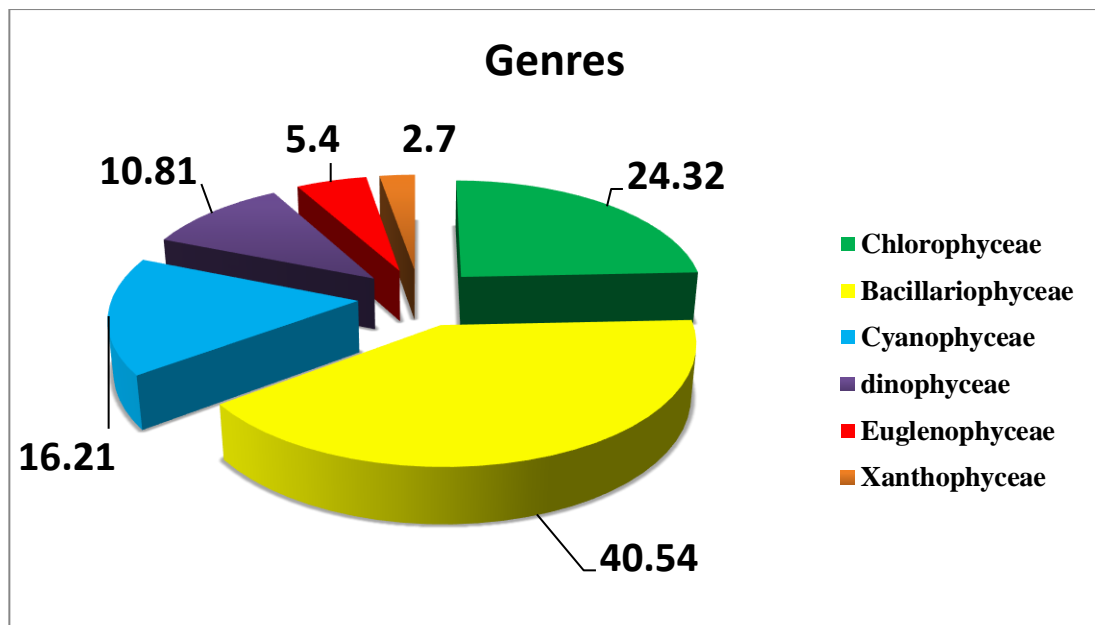
**Figure 29:** Evolution de la richesse spécifique totale de phytoplancton du Madjen BELAHRITI.

### 3.3. Richesse spécifique des classes phytoplanctoniques

L'analyse des résultats obtenus, révèle une dominance générale des Chlorophycées par 18 espèces (33%) (Fig. 30) et 9 (24%) genres (Fig. 31). Ceci le groupe le plus riches en espèces parmi les phytoplanctons du Madjen Belahriti. Les bacillariophycées sont le groupe le plus riche en genre par 15 genres (40%) et 17 espèces (31%). Cette richesse peut être expliquée par le maintien de phytoplancton en surface pour profiter de la lumière en quantité suffisante. En deuxième lieu, on trouve les Cyanophycées caractérisés par 6 genres (16,21%) avec 9 espèces (16,66%) et les dinophycées par 4 genres (10,81) avec 6 espèces (11,11%). Et en dernier restent les classes les moins diversifiées les xanthophycées et les euglénophycées. La premières avec 1,85% d'espèces et 2,7% de groupes et la dernières par 5,55% d'espèces et 5,4% de genres.



**Figure 30:** Contribution des classes dans les espèces phytoplanctoniques de Madjen BELAHRITI.



**Figure 31:** Contribution des classes dans les genres phytoplanctoniques de Madjen BELAHRITI.

***Conclusion***

## **Conclusion**

Notre travail consiste à connaître quelques propriétés physico-chimiques de l'eau la mare Madjen BELAHRITI dans la région de Bouhamdane wilaya de Guelma, et à évaluer la qualité bactériologique par la recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale dans, ainsi que de connaître l'origine de cette pollution. Et l'identification des espèces phytoplanctoniques existantes dans cette mare.

Cette étude est basée sur les analyses des échantillons à partir d'un seul point de prélèvement pendant le mois d'Avril et Mai 2021.

Les résultats des analyses physicochimiques durant la période d'étude révèlent des variations saisonnières de la température des eaux la mare qui sont influencées par le climat de la région. Elle variée entre 17,3 et 20,9 °C. Et avec un pH alcalin entre 11,51 et 9, 8, une conductivité électrique élevée supérieures à 1500µS/cm, c'est à dire une forte minéralisation, ce qui rendre la qualité des eaux de cette mare médiocre. Ces eaux sont moyennement oxygénées.

L'étude de la qualité bactériologique de la mare Madjen BELAHRITI et l'analyse réalisée principalement sur la quantification d'indicateurs de contamination fécale nous ont permis de conclure qu'il y a une contamination fécale récente dans les eaux de la mare par la présence des coliformes fécaux et les streptocoques fécaux, et l'absence totale d'une contamination fécale ancienne durant la période d'étude.

Le rapport (CF/SF) indique que cette pollution est d'origine principalement animale au mois d'avril cela peut s'expliquer par la présence d'activité de l'élevage et de pâturage, et d'origine mixte à prédominance humaine en mai.

L'analyse phytoplanctonique à fait ressortir 54 espèces et 40 genres, regroupant au totale 6 classes : Les Chlorophycées, les Bacillariophycées, les Cyanophycées ou cyanobactéries, les Dinophycées, les Euglénophycées et les Xanthophycées, avec une richesse spécifique de 29 espèces et 20 genres a été recensée au mois d'Avril, et une richesse de 32 espèces et 26 genres au mois de Mai. La classe des chlorophycées est la plus dominante par 18 espèces et 9 genres suivie par celle des Bacillariophycées avec 15 genres et 17 espèces. La classe des Xanthophycées est le moins représentée dans la population phytoplanctonique de la mare par uniquement 2 % d'espèces et 3 % de genres

La richesse phytoplanctonique dans le mois de Mai est supérieure à celle de mois d'Avril à cause des facteurs physico-chimiques du milieu.

Les variations de cette communauté correspondent aux conditions du milieu. On prend en considération que le phytoplancton est constitué d'une grande diversité d'organismes dont la dynamique reste encore mal connue en raison de problèmes liés aux méthodes d'observation.



**Références  
bibliographiques**

## Références bibliographiques :

### A

- **Abaidia, M. (2020).** Contribution a l'étude de la biodiversité phytoplanctonique dans le lac oubeira el-Kala (nord-est Algérien). Mémoire de master. Université de Guelma.
- **Adjelene, M., Boudrebaa, K. (2018).** "Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux d'alimentation de quelques réservoirs de la ville de Bejaia cas du réservoir Egzib et réservoir central. Bejaia-Algérie". Mémoire de master, Faculté de SNV de l'université A. mira Bejaia.) 73p
- **Akpo, S. K., Ouattara, P.J.M., Eba, M.G., Ouffouet, S., Coulibaly, L. (2016).**Etat de la pollution fécale dans les baies de la lagune Ebrié (Banco, Cocody et M'Badon) à Abidjan, Côte d'Ivoire. *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (2) (2016) 621-630.
- **Allaoua, M. (2020).** Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes et traitées de l'oued Agrioune (Souk El Tenine-Bejaia). Mémoire de master. Université de Bèjāia. 73p
- **Amrane, N., Fékraoui, K. (2016).** Caractérisation physico-chimique et microbiologique des sources du massif de Kanoua (Wilaya de Skikda .NE. algérien). Mémoire de Master. Université de Jijel.92p
- **Anonyme. (2001).** Agence Nationale des Ressources Hydriques: Grille de qualité des eaux de surface.
- **Asconit, 2015.** Réalisation de prélèvements et d'analyses phytoplanctoniques sur 5 plans d'eau dans le bassin Artois-Picardie. Agence de l'eau artois-picardie. 32p

### B

- **Bahmed L., Djebabra M., Abibsi A. (2004).** Démarche D'intégration Du Concept Qualité –Sécurité - Environnement Aux Systèmes D'alimentation En Eau Potable. Larhyss Journal, Issn 1112-3680, N° 03, Juin 2004, Pp.115-128 P107 108
- **Baillet, S. (2013).** Utilisation des groupes morpho-fonctionnels du phytoplancton Pour le diagnostic écologique des plans d'eau du bassin Loire BRETAGNE. Sciences de l'environnement. 120p
- **Baudry, Ch., Brezellec, H. (2006).** Microbiologie- Immunologie : Exercices d'application. 2<sup>ème</sup> édition. Edition porphyre. France. 132p.

- **Baumont, S. (1997).** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. France. 222p.
- **Belkhiri, A. (2017).** Amélioration du confort thermique dans un bâtiment touristiques cas du complexe thermal Chellala-Guelma. Mémoire de master. Université de Guelma. 123 p
- **Bengarnia, B.(2016).**Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued Es-saoura cas de Béni-Abbas, Ougarta et Zeghamra. Thèse de doctorat. Université d'Oran. 133p.
- **Benkaddour, B. (2018).** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie). Autre. Université de Perpignan; Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem (Mostaganem, Algérie). Français. NNT : 2018PERP0026 . tel-01955103
- **Benkhettal, M., Cherfi, A. (2017).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimique et bactériologique des eaux des 04 sources karstiques de la région Nord-est de Bejaia-Algérie. Mémoire de Master. Université de Bejaïa. 97p
- **Bentafar, I., Djebairia, A. (2016).**Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique des eaux de quelques sources de la wilaya de Guelma. Mémoire de master. Université de Guelma. 99p
- **Bonnefoy, C., Guillet, F., Leyral, G., Bourdais, E, V. (2002).** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. France. 238p.
- **Boucenna, N et al. (2009) .** L'étude écologique des mares temporaires de la Numidie orientale (2007-2008). Mémoire Master. Université 08 Mai 1945 de Guelma.90p
- **Bouchaala, L. (2010).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'Oued-Zénati Guelma. Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 de Guelma.135p
- **Bourrelly, P. (1981).** Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome II : les algues jaunes et brunes. Boubée, Paris : 517p.
- **Bourrelly, P. (1985a).** Les algues d'eau douce: Initiation à la systématique. Tome I: Les algues bleues et rouges. Les Euglénien, Péridiniens et Cryptomonadines. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris.
- **Bourrelly, P. (1985b).** Les algues d'eau douce: Initiation à la systématique. Tome III: Les algues Vertes. Editions N. Boubée & Cie, Paris.



- **Boutahraoui, I. (2017).** Etude physico-chimique et biologique des eaux du barrage de BOUKOURDANE. Mémoire de master. Université de Tipaza.
- **Bouzit, T., Hammouche, A. (2016).** Contribution au suivi de l'influence du cadre de vie et des diverses activités exercées sur la qualité de l'eau de mer et l'impact sur la santé humaine dans la wilaya de Bejaia. Mémoire de Master. Université A. Mira de Bejaïa. 59p
- **Brown, T.M., Takada, H., 2017.** Indicators of Marine Pollution in the North Pacific Ocean. *Arch Environ Contam Toxicol* 73, 171–175. <https://doi.org/10.1007/s00244-017-0424-7>

## C

- **Chaibi, M., Khedoussi, F. (2012).** Etude de la qualité des eaux du barrage Tichi Haf : Les algues bioindicatrices. Mémoire de Master. Université A. mira Bejaïa. 93p
- **Charles, N., JEAN-Louis, V. (2007).** Bactériologie médicale : connaissance et pratique. 2<sup>ème</sup> édition. Masson. 272p.
- **Chouteau, C. (2004).** Développement d'un biocapteur conductimétrique bi-enzymatique à cellules algales. Chimie, Procédés, Environnement. N° d'ordre : 04- ISAL-0066, 179 p.
- **Christian, S. (2013).** Plancton : aux origines du vivant. Edition Ulmer. Paris. 218p.
- **Clément, V. et G. Ouimet. 2004.** Programme d'évaluation et de surveillance des lacs. Rapport présenté par Biofilia inc. pour la Ville de Mont-tremblant, dossier 2004-1144, 26 pages et 15 annexes.
- **Craun, G.F., Berger, P.S., Calderon, R.L. (1997).** Coliform bacteria and water borne disease outbreaks. *Journal AWWA*, **89(3)**: 96-104

## D

- **Debabza, M. (2005).** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba : Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar d'Annaba. 145p
- **Denis, C. (2013).** Diversité phénotypique et adaptation chez *Escherichia coli* étudiées en millifluidique digitale. Thèse de doctorat. Paris. 164p.
- **Derwich, E., Beziane, Z., Benaabidate, L et Belghyti, D. (2008).** Evaluation de la qualité des eaux de surface des oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraichère au Maroc. *Larhyss Journal*. (7). 59-77
- **Diab, W. (2016).** Étude des propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la

rivière Litani, Liban. Thèse de doctorat. L'Université Libanaise & L'Université de Lorraine (Cotutelle). 213p

- **Dirilegen, N. (2000).** Accumulation of heavy metals in freshwater organisms: Assessment of toxic interactions. *Turk. J. Chem*, p. 137-179.
- **Djebnoui, A., Nouar, M. (2015).** «Contribution de l'étude de macro invertébré à la haute Sybouse, Mémoire de Master. Université 08 Mai 1945 de Guelma. 60p
- **Dufour, P., Durand, J.R. (1982).** La production végétale des lagunes de Côte d'Ivoire. *Rev Biol Trop* **15 (3)**: 209-230.

## G

- **George, I., Servais, P. (2002).** Sources et dynamique des coliformes dans le bassin de la Seine. *Ecologie des Systèmes Aquatiques*. Université Libre de Bruxelles, Belgique. 46p.
- **Groga N., 2012.** *Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac De Taabo (Côte d'Ivoire)*. Thèse doctorat. Spécialité Ecologie Fonctionnelle. Université de Toulouse, P35.
- **Guy, J. (2006).** *Ecologie du plancton*. Edition tec and doc Lavoisier. Paris. 282p.
- **Guy, L., Jean, N. (1998).** *Microbiologie technique 2*. 2<sup>ème</sup> édition. Bordeaux. 304p

## H

- **Haouya, H. (2019).** Contribution à la caractérisation des eaux du barrage TichyHaf-Bejaia- Algérie. Mémoire de master. Université de Bejaia. 75p
- **Harridi, A., Djouaibia, A., Ghadjati, I. (2020).** Approche qualitative du phytoplancton du marais de bousedra (el-bouni, annaba). Mémoire de Master. Université de Guelma. 77p
- **Hélène, R. (2000).** Qualité microbiologique des eaux brutes par BRL. Thèse d'ingénieurs de génie sanitaire. L'école nationale de la santé publique e Languedoc-Roussillon. France. 81p
- **Heriarivony, S., razanamparany, B., rakotomalala, J. (2015).** Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation (puits) de la commune rurale d'antanifotsy, région vakinankaratra, madagascar. *Larhyss journal*, issn 1112-3680, n°24, décembre 2015, pp. 7-17
- **Himoud, S., Brahimi, S. (2016).** Approche qualitative du phytoplancton du marais de

boussedra (el-bouni, Annaba). Mémoire de master. Université de Guelma.

## J

- **Jacques, W. (2009).** Ressources en eau : Green Facts asbl, Rue des Palais 44, 1030 Bruxelles, Belgique.
- **Jack, F., Jean, F, M-G. (2018).** La photosynthèse : processus physique, moléculaires et physiologiques. Editions: Quae.
- **Jean, C. R., Hayat, El., François, B. (2008).** Atlas Biologie végétale : organisation des plantes sans fleurs, algues et champignons. Paris. 7<sup>e</sup> édition.
- **Jean, P. (1993).** Bactéries et environnement : adaptations physiologiques. Presses Universitaires de Grenoble. Paris. P461-462.

## K

- **Khedairia, A. (2020).** Le phytoplancton des eaux douces : Synthèse bibliographique et méthodes d'études. Mémoire de master. Université de Guelma. P23.
- **Khemis, M.D.E. (2013).** Etude de la qualité de quelque eau de source de la région de Guelma. mémoire de master. Université de Guelma. 95p
- **Ken, K., Emma, F. (2008).** La qualité de l'eau. ROSS TECH 07/47. 12p
- **Kloppmann, W., Bourhane, A., Asfirane, F. (2011).** Méthodologie de diagnostic de l'origine de salinité des masses d'eau. Emploi des outils géochimiques, isotopiques et géophysique. 129p
- **Koffi, K., Philippe, D.K., Marcel, K.A., Maryse, A.N., Kagoyire, K.A. and Adingra, A.A. (2009).** Seasonal Distribution of Phytoplankton in Grand-Lahou Lagoon (Côte d'Ivoire). *Eur J Sci Res* **26**: 329-341.
- **Kouidri, B.Z. (2006).** Etude et traitement de l'eau du barrage Djorf-Eltorba de la Wilaya de Bechar par filtration sur sables. Mémoire de Magister. Université Hassiba Benbouali de Chlef. 128p

## M

- **Maëlle, T.B., Pierre, M. (2009).** L'enjeu plancton : L'écologie de l'invisible. Charles Léopold Mayer. Paris. p21.
- **Maiga, A.S. (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et

distribuée par l'EDMS dans la ville de Bamako: évaluation saisonnière. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université de Bamako. Mali. 77p

- **Makhouk, M., Sbaa, M., Berrahou, A.V., Clooster, M. (2011).** Contribution à l'Etude Physico-chimiques des Eaux Superficielles de l'Oued Moulouya (MAROC ORIENTAL). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 09, Décembre 2011 : pp. 149-169.
- **Masmoudi, S. (2014).** Dynamique du phytoplancton et caractérisation physiologique et moléculaire de trois espèces autotrophes de la saline de Sfax(Tunisie), un milieu extrémophile. Thèse de Doctorat. Sciences agricoles. Université du Maine. Français. NNT : 2014LEMA1015. tel-01150399
- **Merah, A.(2019).** Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des puits de la région El hassiane. Mémoire de master. Mostaganem. 71p.
- **Merzoug, S.E. (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya de Skikda), mémoire de magister. Université de Guelma. 158p
- **Michel, C. (2000).** Les algues- les microalgues. 17p
- **Mihoubi, N. (2008).** Fonctionnement et gestion hydrogéologique et hydrologique des ressources en eau du bassin de Hammam Grouz. Thèse de magister. Université Mentouri, Constantine. 244p
- **Miquel, G. (2003).** «la qualité de l'eau et de l'assainissement en France» ed sénat pp 254-256. 290p.
- **Monod, T. (1989).** Méharées géographie. Loisir. France. 233p.

## N

- **Niemeyer, M. (2009).** L'eau source de vie. Grund. 191p

## P

- **Pelmont, J. (2005).** Biodégradations et métabolismes : les bactéries pour les technologies de l'environnement. EDP Sciences. France. 798p.
- **Pierre, M., Anne, N. (2014).** « Le manuel du plancton ». Editions : Charles Léopold Mayer. P32.P89-90.P35.
- **Potelon J.L., 1998.** Le guide des analyses de l'eau potable. Paris, 156p.

## R

- **Ramade, F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions (pollution : de l'environnement à l'homme Ed science internationale. Paris. 382p
- **Ramade, F. (2008).** Dictionnaire encyclopédique des Sciences de la Nature et de la biodiversité. Dunod, Paris. 750p
- **Raymond, D. (1997).** Le traitement des eaux. 2<sup>ème</sup> édition. Presses inter Polytechnique. 304p
- **Rejsek, F. (2002).** Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Série : Sciences et techniques de l'environnement. Paris, 360p.
- **Rodier, J., Bazinc, A.C., Broutin, J.P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodier, L. (1996).** L'analyse de l'eau - Eaux naturelles et Eaux résiduaires et Eau de mer. Dunod. 8<sup>ème</sup> édition, 1384 p.
- **Rodier, J., Bazinc, A.C., Broutin, J.P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodier, L. (2005).** L'analyse de l'eau - Eaux naturelles et Eaux résiduaires et Eau de mer. Dunod. 8<sup>ème</sup> édition [entièrement revue et mise à jour] , 1384 p.
- **Rodier, J., Bernard, L., Nicole, M. et coll. (2009).** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition. Dunod (paris). 1824p
- **Romulad, O. (2013).** Etude de l'accessibilité a l'eau potable dans les villages pilotes du projet irrigation de complément et information climatique dans la commune de kongoussi. Mémoire de Master. Centre commun de recherche eau et climat. 60p

## S

- **Samraoui, B., Belair, G. D. (1997).** The Guerbes – Senhadja wetlands (N.E.Algeria). Part I: an overview. Ecology 28: 233-250.
- **Satha, W., Makroudi. S. (2015).** Contribution A l'étude De La Qualité Bactériologique et Phytoplantonique De l'eau Du Lac Oubeira (Pnek - El-Tarf). Mémoire De Master. Université de Guelma. 101p
- **Sayad, A., Ait meziane, H. (2012).** Caractérisation physico-chimique et biologique des eaux de la lagune tamelah, Bejaia. Mémoire de master. Université A. Mira de Bejaïa. Page 4,5
- **Schaechter, M., Medoff, Ph., Eisensyein, M.D. (1999).** Microbiologie et pathologie infectieuse. 2<sup>ème</sup> édition. Paris. 993p.

## T

- **Tony, H., Paul, S. (1997).** Manuel de poche de microbiologie. Paris. 317p.

## Z

- **Zaimeche, S. (2015).** Contribution a l'étude de l'action d'agents polluants sur des végétaux bioindicateurs. Thèse de doctorat. Université des frères mentouri constantine. 189p.
- **Zaoui, S., Kaid, Kh. (2020).** Etude préliminaire de la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de source du parc National de Chréa. Mémoire de master. Blida. 94p.
- **Zouag, B., Belhadj, Y. (2017).** Analyse physico-chimique et bactériologiques et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta Tlemcen. Mémoire de fin d'étude. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. 155p

### Webographie :

- (1) : Les changements d'état de l'eau. France. [en ligne]. Disponible sur : <https://www.schoolmouv.fr/cours/les-changements-d-etat-de-l-eau/fiche-de-cours> (Consulté le 02/06/2021)
- (2) : Broussaud, J. (2008). Modéliser le cycle global de l'eau [en ligne]. Disponible sur : <http://eduterre.ens-lyon.fr/thematiques/hydro/cycleau/modeliser> (Consulté le 02/06/2021).
- (3) : <https://www.phenomer.org/Mieux-connaître-les-microalgues/Qu-est-ce-que-le-phytoplancton> (Consulté le 10/04/2021)
- (4) : <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/botanique-algues-surprenants-vegetaux-aquatiques-523/page/2/> (consulté le 13/04/2021)
- (5) : [https://zims-fr.kiwix.campusafrika.gos.orange.com/wikipedia\\_fr\\_all\\_maxi/A/Chrysophyceae](https://zims-fr.kiwix.campusafrika.gos.orange.com/wikipedia_fr_all_maxi/A/Chrysophyceae) (consulté le 13/04/2021).

(6) <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/botanique-diatomee-12607/>  
(Consulté le 14/04/2021).



# ***Résumés***



## Résumé

C'est une étude qui a comme objectif la contribution à l'étude bactériologique et phytoplanctonique tenant compte les paramètres physicochimiques de la mare Madjen BELAHRITI située à une altitude de 495 mètres dans la wilaya de Guelma qui présente un climat semi-aride, sub-humide. Cette étude a été réalisée dans une période de deux mois le mois d'Avril et le mois de Mai à raison d'un échantillon par mois. Pour cela nous avons procédé à des analyses physicochimiques, microbiologiques et phytoplanctoniques des prélèvements d'eau. Les résultats des analyses physicochimiques montrent que l'eau de cette mare est une eau douce se caractérise par une température saisonnière et un pH alcalin, tandis que, la conductivité électrique est élevée indiquant une minéralisation excessive. Les résultats des analyses bactériologiques ont montré la présence des coliformes totaux et une charge microbienne faible des coliformes fécaux ainsi que les streptocoques, une absence totale des indicateurs décontamination fécale tels que les Clostridium sulfito-réductrices. Par ailleurs l'analyse phytoplanctonique nous a permis d'identifier 54 espèces, ces espèces appartiennent aux six familles : Les Chlorophycées (qui représente 33% de la communauté), les Bacillariophycées (représente 31%), les Cyanophycées (qui représente 17% de la communauté), les Dinophycées (11%), les Euglénophycées (6%), les Xanthophycées (2%) selon la représentation des différentes classes dans le nombre total d'espèces de la population phytoplanctonique. Cette étude nous a permis de déduire que la mare Madjen BELAHRITI possède des paramètres physico-chimiques ne dépassent les normes des eaux de surface. L'origine de sa pollution est animale en avril et humaine en mai, soulignant qu'elle inclut une richesse phytoplanctonique importante.

**Mots clés :** Paramètres physicochimiques, qualité bactériologique, pollution fécale, phytoplancton, Madjen BELAHRITI, Guelma.

## **Abstract**

**I**t is a study which aims to contribute to the bacteriological and phytoplankton study taking into account the physicochemical parameters of the Madjen BELAHRITI pond located at an attitude of 495 meters in the Wilaya of Guelma which has a semi-arid, sub-wet. This study was carried out in a two month period in April and May has one sample per month. To do this, we carried out physicochemical, microbiological and phytoplankton analyzes of the water samples. The results of physicochemical analyzes show that the water in this pond is fresh water characterized by seasonal temperature and alkaline pH, while, the electrical conductivity is high indicating excessive mineralization. The results of bacteriological analyzes showed the presence of total coliforms and a low microbial load of fecal coliforms as well as streptococci, a total absence of fecal decontamination indicators such as sulfite-reducing *Clostridium*. In addition, the phytoplankton analysis enabled us to identify 54 species; these species belong to six families: Chlorophyceae (which represents 33% of the community), Bacillariophyceae (represents 31%), Cyanophyceae (which represents 17% of the community), Dinophyceae (11%), Euglénophyceae (6%), Xanthophyceae (2%) according to the representation of the different classes in the total number of species of the phytoplankton population. This study allowed us to deduce that the Madjen BELAHRITI pond has physico-chemical parameters that do not exceed surface water standards. The origin of its pollution is animal in April and human in May, pointing out that it includes significant phytoplankton richness.

**Keywords:** Physicochemical parameters, bacteriological quality, faecal pollution, phytoplankton, Madjen BELAHRITI, Guelma

## المخلص

هذا البحث يهدف إلى المساهمة في الدراسة البكتريولوجية والعوالق النباتية مع الأخذ في الاعتبار العوامل الفيزيائية والكيميائية لمياه ماجن بلحريطي الواقع على ارتفاع 495 مترًا في ولاية قالمة التي تمتاز بمناخ شبه شاف وشبه رطب، أجريت هذه الدراسة في فترة شهرين في أبريل وماي بتحليل عينة واحدة في الشهر. أجرينا تحليلات فيزيائية وكيميائية وبكتريولوجية لعينات المياه. أظهرت نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن الماء في هذه البركة عبارة عن مياه عذبة تتميز بدرجة الحرارة الموسمية ودرجة الحموضة القلوية ، بينما الموصلية الكهربائية عالية تدل على تمعدن مفرط. أظهرت نتائج التحاليل البكتريولوجية وجود القولونيات الكلية وحمل ميكروبي منخفض من القولونيات البرازية وكذلك العقديات ، والغياب التام لمؤشرات تطهير البراز مثل المطثية المختزلة بالكبريتيت. بالإضافة إلى ذلك، مكنا تحليل العوالق النباتية من تحديد 54 نوعًا، تنتمي هذه الأنواع إلى ست عائلات Chlorophyceae: التي تمثل (33٪) من المجتمع ، Bacillariophyceae تمثل (31٪) ، Cyanophyceae التي تمثل (17٪) من المجتمع ، Dinophyceae (11٪) ، Euglénophyceae (6٪) ، xanthophyceae (2٪) وفقًا لتمثيل الفئات المختلفة في العدد الإجمالي لأنواع عشائر العوالق النباتية. سمحت لنا هذه الدراسة باستنتاج أن مياه ماجن بلحريطي لها معايير فيزيائية كيميائية لا تتجاوز معايير المياه السطحية. و أنها ملوثة قليلاً، وبالتالي فإن أصل تلوثها حيواني في شهر أفريل ومن أصل إنساني في شهر ماي ، و تحتوي على نسبة كبيرة من العوالق النباتية.

**الكلمات المفتاحية:** العوامل الفيزيوكيميائية ، الجودة البكتريولوجية ، التلوث البرازي ، العوالق النباتية ، ماجن بلحريطي ، قالمة.